Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XLI. Jahrgang. 1928. Drittes Heft.

Friedrich C. G. Müller

zu seinem achtzigsten Geburtstage.

Die Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht rechnet es sich zur besonderen Ehre und Freude an, ihrem getreuen Ekkehard, der in unwandelbarer Treue ihr immer hervorragender Ratgeber und Mitarbeiter war und ist, zur 80. Wiederkehr seines Geburtstages, des 27. Juni 1848, die herzlichsten Wünsche auszusprechen. Ad multos annos!

Im 31. Jahrgang (1918) ist bereits in ausführlicher Weise seines Lebenslaufes und seiner Verdienste um Unterricht und wissenschaftliche Praxis gedacht worden. Diesem aussergewöhnlich für uns bedeutungsvollen Mitarbeiter, Lehrer und Pfadfinder auf dem weiten Gebiete wissenschaftlicher wie didaktischer Unterweisung im Rahmen des physikalischen und chemischen Unterrichts gegenüber halten wir es für unsere Pflicht, seinen Ehrentag nicht vorübergehen zu lassen, ohne ausführlich die Blicke unserer Leser zu lenken auf seine „während seines psalmistischen Hochjahrzehnts" — um einen von ihm selbst gebrauchten Ausdruck wiederzugeben — veröffentlichten Arbeiten.

Friedrich C. G. Müller hat in dankenswerter Weise seine eigenen Aufzeichnungen über sein Leben und seine Arbeiten zur Verfügung gestellt, die uns gestatten, einen noch vollständigeren Abriß über den Ablauf des Geschehens zu geben, als das 1918 möglich war. Sie liegen den folgenden Ausführungen zugrunde.

Der gesetzlichen Altersgrenze wegen mußte Friedrich C. G. Müller leider Ostern 1921 von der ihm lieb gewesenen Tätigkeit als Lehrer der Physik und Chemie an den vereinigten Gymnasien zu Brandenburg zurücktreten. Ein Vierteljahr länger, und er hätte am 1. August 1921 sein 50jähriges Dienstjubiläum begehen können, fast zugleich mit seinem Doktorjubiläum, zu dem ihm die philosophische Fakultät der Universität Göttingen unter Zufügung eines ehrenvollen Handschreibens das Diplom erneuerte. Während der letzten drei Dienstjahre schaffte er voll triebhafter Arbeitslust fast die ganze freie Zeit in der Werkstatt und am Experimentiertisch. Mit Rücksicht auf die damals schon hereinbrechende Geldnot verlegte er sich planmäßig auf solche Apparatkonstruktionen und Versuchsanordnungen, die sich ohne erhebliche Unkosten und ohne Hilfe eines Feinmechanikers an jeder leidlich ausgestatteten höheren Schule mit den vorhandenen Beständen und Werkstatteinrichtungen ausführen lassen. Sein Hauptaugenmerk galt, wie von jeher, dem messenden Experiment. Und in dieser Richtung arbeitete er zunächst an der schulmäßigen Ausgestaltung von Lichtzeigerinstrumenten für Galvanometrie und Elektrometrie. Bietet ja die Lichtzeigerablesung gerade bei Demonstrationen so viele offensichtliche Vorzüge. Indessen bereitet die notwendige, mindestens 1 m lange optische Bank und die zugehörige lange Skala ein großes Hindernis.

Schon vor 19 Jahren beschrieb Müller P. **21**, 1; 1909 ein handliches Lichtzeigergalvanometer, welches ihm und anderen lange Jahre gute Dienste geleistet hat. Aber die aus einem Stück bestehende 110 cm lange Bank, die lose Nadel und die getrennt aufzubewahrende Skala veranlaßten beim Aufstellen und Verwahren fühlbare Umständlichkeiten und Zeitverluste. Deshalb entschloß sich Müller,

solche Verbesserungen in der Form und Anordnung aller Teile vorzunehmen, daß ein allen Forderungen des Schulbetriebs genügender, geschlossener Apparat herauskam. Derselbe ist P. **34**, 145; 1921, sowie in der Neuauflage seiner Technik des physikalischen Unterrichts ausführlich beschrieben. Das Wesentliche ist die Zusammenlegung der Bank und der Skala zu einem Ganzen, das bequem im Apparatenschrank untergebracht und binnen weniger Minuten gebrauchsfertig auf den Experimentiertisch gestellt werden kann. Die am Kokonfaden aufgehängte, mit ihrem Stiel in Öl tauchende Nadel bleibt dauernd auf der Bank in einem durch Glasplatten abgeschlossenen Schränkchen. Jede Einstellung vollzieht sich in 5 Sekunden. Ein auf einem Schlitten befestigter stabförmiger Richtmagnet gestattet eine Abänderung der Richtkraft in weiten Grenzen. Drei schnell auswechselbare Spulen von 6 cm Weite sollen für Ströme von 10^{-2} bis 10^{-6} Amp. und 1 cm Ausschlag Verwendung finden. Außerdem ist für absolute Messungen ein Ringleiter von 30 cm Durchmesser vorgesehen, mit dem das Instrument je nach der Lage des Richtmagneten 0,1 oder 0,2 Amp. für 1 cm Ausschlag anzeigt. Die Skala hat einen Umfang von beiderseits 51 Zentimeterteilen, so daß bei Abschätzung auf Zehntel ein Meßbereich von 510 Einheiten vorliegt. Außer dem galvanometrischen Zubehör ist noch eine leicht anzusetzende Meßleiste für magnetometrische Versuche beigegeben.

Die Meßergebnisse sind innerhalb der gegebenen Fehlergrenzen wissenschaftlich genau. — Auch für eine verfeinerte Behandlung der Elektrostatik im Schulunterricht hatte Müller eine neue Elektrometerform mit Lichtzeigerablesung hergestellt und P. **29**, 69; 1916 beschrieben. Der bewegliche Teil des gedachten Instruments ist ein an feinstem Lahn aufgehängtes durchbrochenes Rechteck aus Schablonenblech, welches von den beiden Säulen des in einen Schwefelklotz eingegossenen Aufhängejochs in gleichem Drehsinn abgestoßen wird. Dies mit Spiegel versehene Blatt stellt sich infolge einer wirksamen Öldämpfung binnen 3 Sekunden ein. Bei Spannungen von 200 Volt aufwärts bewirkt ein Mehr von 10 Volt an der nach Dekavolt empirisch festgelegten 80 cm langen Skala einen Mehrausschlag von etwa 2 cm, so daß die Schüler noch auf Einzelvolt abschätzen können. Die von Müller P. **30**, 249; 1917 mitgeteilten, vor der Klasse ausgeführten Kapazitätsmessungen bestätigen die Feinheit und Zuverlässigkeit des Instruments, sowie seine Brauchbarkeit im Unterricht.

Gleichwohl bleibt zu beachten, daß das gedachte Elektrometer mit allen einfachen Blattelektrometern von Natur aus den Mangel teilt, in der Nähe von Null ganz unempfindlich zu sein. Das erste Dekavolt bewirkt an der 1 m entfernten Skala nur 1 mm Ausschlag, während bei 400 Volt ein Skalenteil fast 30 mm lang ist. Diese schwer zu erklärende Unvollkommenheit läßt sich nur dadurch fortschaffen, daß man dem Elektrometerblatt eine Hilfsladung von einigen hundert Volt gegenüberstellt. Für den Unterricht ist nun bei der Einleitung zum Galvanismus und bei der Entwicklung des Ohmschen Gesetzes ein schulmäßiges Demonstrationsgalvanometer dringend erwünscht, das schon von Null ab Zentivolti den Schülern gut anzeigt. Als solches muß in erster Linie ein mit Lichtzeigervorrichtung versehenes Quadrantenelektrometer in Frage kommen. Leider sind die von der Wissenschaft verwendeten Ausführungsformen jenes Instrumentes nicht wohlfeil und übersichtlich genug. Deshalb ging Müller daran, ein schulmäßiges Quadrantenelektrometer neu zu schaffen. Das von ihm bald ohne nennenswerte Unkosten in seiner Schulwerkstatt angefertigte und vor der Klasse erprobte Instrument wurde P. **33**, 214; 1920 eingehend beschrieben und erläutert. Hier sei nur bemerkt, daß die arbeitenden Teile des gedachten Elektrometers in einem geraden Gasglühzylinder untergebracht sind. Die beiden Quadrantenringe bestehen aus eingeklebten schmalen Stanniolstreifen; die an feinem Lahn am drehbaren Zylinderdeckel aufgehängte Doppelnadel aus lemniskatenförmigen Papierblättern trägt oben das Spiegelchen, unten einen in Öl tauchenden Dämpferflügel. Eine kommutierte Doppeleinstellung dauert etwa 25 Sekunden. Wenn die Nadel von der Schalttafel aus auf 220 Volt geladen wird, bewirkt ein Volt etwa 10 cm Ausschlag an der Lichtzeiger-

skala. Näheres über die Herstellung, Verwendung und Brauchbarkeit dieses Instrumentes findet man in dem angeführten Aufsatze.

Schon früh beschäftigte MÜLLER das Problem, ein so wichtiges Gesetz, wie das der Gas- und Dampfdichten, auf der Oberstufe des chemischen Schulunterrichts schnell und anschaulich durch das Experiment zu erhärten. Da jedoch die von der Wissenschaft benutzten Methoden, auch das VIKTOR-MEYERsche Verdrängungsverfahren, wegen der erforderlichen Feinwägungen und Druck- und Temperaturkorrektionen viel zu zeitraubend und unübersichtlich erschienen, schlug er als erster den neuen Weg ein, den aërostatischen Über- oder Unterdruck des in einer längeren Röhre stehenden Gases mittels eines feinen Manometers zu messen. Der erste Bericht über die manometrische Bestimmung von Gas- und Dampfdichten findet sich P. **2**, 274; 1889, dazu ein Nachtrag P. **3**, 125; 1890. Die damalige, teilweise improvisierte Apparatur erwies sich indessen im Verlauf der Jahre als nicht bequem und zuverlässig genug. Namentlich stieß die Erhitzung des Druckrohres zwecks Dampfdichtebestimmung auf Schwierigkeiten. Deshalb nahm MÜLLER das ganze Problem gegen Ende seiner Lehrertätigkeit wieder kräftig in Angriff und brachte den P. **33**, 181; 1920 beschriebenen verbesserten Apparat zur manometrischen Dampfdichtebestimmung heraus.

Als Druckrohr kommt ein eisernes Gasleitungsrohr von 1,5 cm Weite und 150 cm Länge zur Verwendung. Diesem ist am unteren Ende ein dünneres, gerades Eisenrohr von 10 cm Länge rechtwinklig angesetzt, das, als Drehache in einem dem Grundbrette aufgeleimten Holzwürfel gelagert, ein beliebiges Aufrichten des Druckrohres gestattet. An letzterem ist mittels Eisendraht in 1 cm Abstand ein dünnwandiges Messingrohr parallel befestigt, das, mit der Leuchtgasleitung verbunden, an einer Reihe von 0,5 mm weiten Bohrungen kleine Heizflammen ergibt, die das oben mit Asbestpapier belegte Druckrohr binnen 15 Minuten auf 200 bis 300° bringen.

Der zweite Hauptteil des Apparates, das Manometer, besteht aus einem 2,5 bis 3,0 mm weiten, möglichst gleichmäßigen, U-förmig gebogenen, halb mit gefärbtem Benzin gefüllten Glasrohr. Dieses liegt platt auf einem mit Stellschrauben versehenen Holzkreuz und läßt sich mittels der Stellschraube in eine Neigung von etwa $^3/_4$ Grad verbringen. Ein Standunterschied in beiden Schenkeln läßt sich auch von den Plätzen der Schüler aus gut beobachten und an einer verschiebbaren Kartonskala ablesen.

Beim Gebrauch kommt das Manometer vor das Druckrohrgestell zu stehen und wird durch einen Schlauch mit dem Rohransatz des letzteren verbunden. Nun leitet man unter Vorschaltung einer kleinen Waschflasche mit konzentrierter Schwefelsäure von unten CO_2 in das Druckrohr. Das Manometer schlägt aus, und durch stufenweise Erhöhung der Rohrneigung ergibt sich eine Kontrolle der Richtigkeit der Manometerskala. Darauf erhält das Druckrohr eine solche Neigung, daß das Manometer auf den Skalenteil 5,3, entsprechend dem auf Luft bezogenen Volumengewicht des CO_2, einsteht. Dann wird beim Einleiten eines anderen Gases dessen Volumengewicht ohne weiteres angezeigt, und zwar auf Normaldruck und 0° reduziert. Eine solche Bestimmung dauert, falls der betreffende Gasbehälter oder Entwickler bereit steht, nur 3 Minuten.

Zur Bestimmung einer Dampfdichte verschließt man das Druckrohr unten mit einem Kork und entzündet die Heizflammen. Alsbald zeigt sich am Manometer das verminderte Gewicht der sich erwärmenden Luftsäule. Nachdem man den Apparat 15 Minuten sich selbst überlassen, kann das nunmehr konstant gewordene Volumgewicht der heißen Luft abgelesen werden. Dann setzt man mittels durchbohrten Korkes ein Kölbchen mit einigen ccm der betreffenden Substanz an die untere Öffnung des Druckrohres, bringt den Inhalt zum Kochen und unterhält mit einer ganz kleinen Flamme das Kochen weiter. Schon nach einer Minute steht das Manometer auf eine neue Zahl ein. Diese durch die vorhin angezeigte Zahl der Luft

dividiert, gibt ohne weiteres die auf Normalverhältnisse reduzierte Dampfdichte. An erster Stelle demonstriert man wegen ihrer großen Wichtigkeit die nur 0,62 betragende Dichte des Wasserdampfes. Als weitere Stoffe sind Schwefelkohlenstoff, Äther und Benzol gut geeignet.

Die gegenüber allen anderen Methoden so ungemein große Schnelligkeit, Übersichtlichkeit und Einfachheit des geschilderten Verfahrens, entspringt nicht sowohl dessen Grundgedanken, als dem Kunstgriff, das CO_2-Gas als Vergleichsgas einzuführen, dessen Dichte dem Lehrbuch entnommen und früher durch Wägung vor der Klasse bestätigt worden ist.

Auch dem messenden chemischen Demonstrationsexperiment widmete Müller gerade in den letzten Dienstjahren viel Zeit und Mühe. Dazu mag beiläufig festgestellt werden, daß die Chemie von Haus aus sein Hauptfach gewesen. Er promovierte auf eine chemische Arbeit und hat sich später neben seiner Lehrertätigkeit als Stahlchemiker einen Namen gemacht. Von großer Bedeutung für seine Lehrerlaufbahn wurde der Umstand, daß er während seiner Studienzeit Vorlesungsassistent von Friedrich Wöhler[1] wurde und dessen Vertrauen in dem Maße gewann, daß dieser ihm während einer Erkrankung die Abhaltung seines großen chemischen Kollegs übertrug. Bei Wöhler wurde sein Interesse für das Vorlesungsexperiment auf das lebhafteste geweckt. Nach seinem Eintritt in den Schuldienst als Lehrer der Physik und Chemie am Realgymnasium zu Osnabrück im Sommer 1871 wurde ihm die damalige Rückständigkeit des Schulexperiments zum Erlebnis. Im besonderen lag das messende chemische Experiment noch sehr im argen. Alsbald setzten Müllers Bemühungen ein, dem Abhilfe zu schaffen. Es kam dabei in erster Linie darauf an, an Stelle der zeitraubenden und unübersichtlichen Wägungen volumetrische Methoden auszubilden. Und in dieser Richtung liegen gasometrische und gasanalytische Methoden besonders günstig. Nebenbei bemerkt, war Müller durch seine berühmten Arbeiten über die Stahlgase mit der Technik der Gasanalyse gründlich vertraut geworden. So hat er schon in den ältesten Jahrgängen der Poske schen Zeitschrift eine ganze Reihe gasvolumetrischer Schulversuche veröffentlicht. Sein Schulapparat für Gasanalyse ist P. **4**, 251; 1891 beschrieben, später in etwas verbesserter Form in Müllers Technik des physikalischen Unterrichts im chemischen Schlußabschnitt. Dieser ist eine geschlossene und bequeme Zusammenstellung der Hempel schen Apparatur für Gasanalyse. Das Spiel dieses Apparates, das Ansaugen der Gasprobe in die Bürette, das Hinüberdrücken und Schütteln in die Absorptionspipette, das Zurückziehen in die Bürette, ist so einfach, schnell und übersichtlich, daß es schon im Anfangsunterricht bei O_2- und CO_2-Bestimmungen in Frischluft ausgeatmeter Luft und in Verbrennungsgasen Verwendung finden kann.

Der gedachte Apparat hat sich im 30 jährigen starken Gebrauch gut bewährt und vielen Aufgaben des chemischen Experimentalunterrichts zur Lösung verholfen. Das beweisen auch die von Müller 1920—1921 veröffentlichten chemischen Arbeiten.

1. Die synthetische Darstellung des CO durch Verbrennung von Holzkohle in Sauerstoff, P. **32**, 40; 1919. Müller stellte fest, daß das bei Verbrennung von Holzkohle mit reinem Sauerstoff im Glasrohr gebildete schwere, saure Gas immer mehr oder weniger Kohlenoxyd enthält, um so mehr, je lebhafter die Verbrennung vor sich gegangen. Bei blendender Weißglut entweicht ein mit schwach leuchtender Flamme brennbares, vorwiegend aus CO bestehendes Gasgemisch. Daraufhin ergab sich ein Weg der schnellen synthetischen Darstellung von Kohlenoxyd. Die gut ausgeglühte Holzkohle wird in ziemlich kleinkörnigem Zustande in ein 25 cm langes, 1,5 cm weites, senkrecht eingespanntes Rohr von strengflüssigem Glase gebracht.

[1] Die Chemie begeht heuer die Hundertjahrfeier der großen Entdeckung des künstlichen Harnstoffes durch Friedrich Wöhler, damaligen Lehrer an der Friedrich Werderschen Gewerbeschule zu Berlin.

Das obere Rohrende ist mit dem Ausflußhahn des Sauerstoffgasometers verbunden, das untere mit einem als Aspirator vorgerichteten Gasometer. Nachdem man durch Befahren des Rohrs mit einer Bunsenflamme die oberste Schicht der Kohle auf die Entzündungstemperatur gebracht, dreht man den Sauerstoffhahn weit auf. Unter blendender Weißglut brennen dann in $1^1/_2$ Minuten 4 cm der Kohlensäule fort, und über 3 l Gas gelangen in den Aspirator. An diesem mit heißer, schwach leuchtender Flamme brennenden Gase lassen sich nach dem Durchleiten durch ein Rohr mit Natronkalk alle Eigenschaften des CO zeigen. Dabei wurde eine merkwürdige Entdeckung gemacht. Es hinterblieb nach dem Schütteln mit Cu_2Cl_2-Lösung ein Gasrest, der in der Bürette nach Hinzufügung von einem gleichen Volumen Sauerstoff durch den elektrischen Funken unter Kontraktion verpuffte, ohne daß im Rest CO_2 entstand. Es handelte sich also um etwa 4% reinen Wasserstoff. Diese Tatsache wurde auch bei allen anderen Verbrennungen von Holzkohle festgestellt. Selbstverständlich stammt dieser Wasserstoff aus der Holzkohle, die davon auch bei Rotglut nicht völlig frei wird.

Im Anschluß an diese Demonstrationen wurde auch eine Versuchsanordnung vorgeführt, Holzkohle im Glasrohr mit Wasserdampf zu vergasen. Es gelang so, binnen 15 Minuten 500 ccm Gas zu gewinnen, welches neben 23% CO_2 und 11% CO 58% H_2 und 2% CH_4 enthält.

Beachtenswert ist schließlich noch die spätere Mitteilung MÜLLERS, P. **36**, 260; 1923, daß beim Eintauchen eines glimmenden Kohlenstäbchens in Sauerstoff zuerst bei Weißglut primäres CO entsteht, das jedoch unter Bildung einer deutlichen Flammenhülle alsbald zu reinem CO_2 verbrennt. Wenn aber hinterher die Temperatur der Kohle herabgegangen, verschwindet die Flammenhülle, und es entsteht neben CO_2 immer etwas CO, das unverbrannt in das Gasgemisch übergeht.

2. Ein anderer lehrreicher und leicht auszuführender Demonstrationsversuch ist die Verbrennung von Holzkohle im Glasrohr mittels NO_3H-Dampf. Die NO_3H wird in einer ganz kleinen Glasretorte aus 10 g NO_3K und 20 g SO_4H_2 mittels eines kleinen Flämmchens erzeugt. Der Hals der Retorte ragt, durch Kautschuk abgedichtet, weit in das Rohr hinein. Die durch einen Bunsenbrenner auf Entzündungstemperatur erhitzte Holzkohle verbrennt, äußerlich gesehen, nicht anders, wie im Sauerstoffstrom. Das nach dem Passieren eines gekühlten U-Rohrs in eine Meßglocke tretende Gemisch der Verbrennungsgase besteht aus den Oxyden des Kohlenstoffs und Stickgas. Aber es sind wieder einige Prozente Wasserstoff dabei. Ganz merkwürdig ist außerdem, daß das im U-Rohr verdichtete Wasser stark nach Ammoniak riecht, dessen Menge durch Titration festgestellt wurde. Im Mittel ergaben sich bei mehreren Versuchen als Zusammensetzung des Gases:

$$CO_2 = 53,\ CO = 13,\ N_2 = 24,\ H_2 = 4,\ NH_3 = 6.$$

Es ist nun ein besonderer didaktischer Vorzug, daß vorstehender Versuch auch die Frage nach der qualitativen und quantitativen Zusammensetzung der NO_3H der Lösung nahe bringt. Bis dahin mußten die Schüler auf guten Glauben hinnehmen, daß die aus dem Salpeter durch Schwefelsäure ausgetriebene Säure eigentlich Stickstoffsäure heißen sollte. Leider trüben die merkwürdigen Beimengungen von H_2 und NH_3 das Ergebnis. Um aber die Frage restlos ins reine zu bringen, müßte man das Verbrennungsrohr statt mit Holzkohle mit einem Körper beschicken, der ein einheitliches, womöglich festes Verbrennungsprodukt gibt, und auch nicht mit dem Stickstoff in chemische Reaktion tritt. Als solchen erkannte MÜLLER das poröse, aus seinem Oxyd durch Wasserstoff reduzierte Kupfer als vorzüglich geeignet. Dieses verbrennt in dem nämlichen Apparat unter Erglühen zu CuO, und in die Meßglocke strömt reines Stickgas. Das Stickstoffvolumen und die Gewichtszunahme des U-Rohrs, sowie des Verbrennungsrohrs, ergeben die Daten, welche zweifellos zu der Formel NO_3H führen. Ein solcher durchaus übersichtlicher Versuch läßt sich binnen einer

Unterrichtsstunde durchführen, wobei die auf das Abkühlen entfallende Zeit keine Leerzeit zu sein braucht.

3. Ähnlich wie um die NO_2H stand es mit der schulmäßigen Demonstration der Zusammensetzung des Ammoniaks. Wie diese Aufgabe zu lösen, zeigt Müller in einer reichhaltigen Abhandlung, P. **33**, 217; 1920 über einen neuen Ammoniaklehrgang. Ein erstmalig von ihm angewendeter Kunstgriff, das Sperrwasser in den Gasmeßglocken mit Mineralöl zu überschichten, gab die Möglichkeit, NH_3-Gas und HCl-Gas ebenso gut handhaben zu können, wie O_2 und H_2. Wenn man dann aus einer Glocke 500 ccm NH_3 durch ein mit erhitztem CuO gefülltes Rohr treibt, so verbrennt das Gas unter Reduktion des Kupfers ähnlich wie H_2, aber in die hintergeschaltete zweite Meßglocke tritt das halbe Volumen N_2-Gas. Außerdem findet sich in dem zwischengeschalteten gekühlten U-Rohr die der Formel NH_3 ententsprechende Menge Wasser. Außer diesem ebenso einfachen, wie schlagenden Versuche findet man in dem angeführten Aufsatze noch eine Reihe weiterer neuer Schulversuche. So die quantitative Synthese von NH_4Cl aus gleichen Volumen NH_3 und HCl unter Vakuumbildung. Ferner eine einfache Bestimmung des Litergewichts und Molekulargewichts der beiden Gase. Ferner eine Analyse des NH_3 durch Verbrennung im reinen O_2 in Form einer umgekehrten Flamme. Zum Beschluß kommt die Bildung von Ammoniumamalgam durch die Elektrolyse von wässeriger NH_3-Lösung.

Für den Unterricht in der Mechanik stellte Müller zwei Aufsätze für die Schwungmaschine her. Der eine dient zur Bestätigung des Kosinusgesetzes beim Zentrifugalpendel: P. **34**, 254; 1921. Der andere zur Messung der Zentrifugalkraft der in einem Rohrarm umgeschleuderten Luft: P. **34**, 208; 1921. Eine umfangreichere Abhandlung P. **37**, 170; 1924 über einfache Versuche mit physischen Pendeln betrifft in Verfolg vieler von Müller schon P. **1**, 205; 1888, P. **2**, 227; 1889, P. **5**, 133; 1892 angegebenen Versuche mit Schwingkörpern aus Draht und Blech eine Reihe neuer Pendelformen. Besonders lehrreich ist die Aufgabe: Bei welchem Seitenverhältnis schwingt eine rechteckige Platte um die Mitte der Langseite gleich schnell wie um die Mitte der Schmalseite? Die durch den Versuch genau zu bestätigende Rechnung ergibt, daß die Schmalseite gleich dem kleineren Abschnitt der nach dem goldenen Schnitt geteilten Langseite sein muß.

Über zwei neue Verwendungen des Müllerschen Reifenapparates handelt der Aufsatz P. **38**, 72; 1925. An erster Stelle wird vorgeschlagen, am Umfange des Rings oder an der Nabe je zwei feine, entgegengesetzt ziehende Schraubenfedern anzubringen. Dann wird der Ring, aus der Gleichgewichtslage herausgedreht, harmonische Drehschwingungen vollführen, deren Dauer sich leicht berechnen und experimentell bestätigen läßt. Zweitens wird erörtert, daß der auf der Spitze baumelnde Ring des Reifenapparats ein lehrreiches Beispiel eines physischen Pendels abgibt. Durch Verlängern oder Verkürzen der Aufhängefäden läßt sich die Ringebene beliebig verlegen. Das Minimum der Schwingungszeit tritt ein, wenn der Ring $r\sqrt{1/2}$ unterhalb des Aufhängepunktes liegt. Lehrreiche weitere Aufgaben ergeben sich, wenn man an Stelle des Kreises, ein gleichseitiges Dreieck oder ein Quadrat aufhängt. Theorie und Experiment sind in guter Übereinstimmung. —

P. **35**, 51; 1922 bringt einen längeren Aufsatz wesentlich didaktischen Inhalts: Einführung in das Gebiet der elektrischen Induktion. Bemerkenswert ist die exakte experimentelle Begründung des Grundgesetzes der Induktion mittels des von Müller für Schulzwecke konstruierten Erdinduktors.

P. **39**, 57; 1926 ist ein kostenlos auch durch die Schüler herstellbares mechanisches Modell für den Strahlengang durch ein Prisma und das Gesetz vom Minimum der Ablenkung beschrieben.

P. **40**, 253; 1927 bringt Müller einen größeren didaktischen Aufsatz: Schlußübersicht der Newtonschen Dynamik auf der Oberstufe höherer Schulen.

P. **41**, 38; 1928 findet sich ein kleiner Aufsatz über ein lehrreiches Beispiel von Mäanderbildung.

Außer den im vorstehenden zusammengestellten, in der Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht im letzten Jahrzehnt veröffentlichten Arbeiten hatte Müller unsäglich viel Zeit und Mühe zu opfern auf die im Frühling 1926 herausgekommene, bei Otto Salle erschienene Neuauflage seiner Technik des physikalischen Unterrichts, nebst Einführung in die Chemie.

Alles in allem zeigt die von Friedrich C. G. Müller in seinem psalmistischen Lebensjahrzehnt auf dem Felde des naturkundlichen Unterrichts vollbrachte Arbeit, daß auch dieser Abschnitt seines Erdenwallens köstlich gewesen, zumal es ihm beschieden war, trotz seiner Jahre noch nicht alt zu werden.

Rosenberg. Hahn. Doermer. Matthée. Metzner. Springer.

Feldmessen an der Schule.

Ein Beitrag zum mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht.

Von **K. Haußmann** in Schwäbisch-Gmünd.

Inhalt: Die Feldmessung ist für den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht ein anschauliches und ergiebiges Gebiet. Der Schüler kann sich durch eigene Messungen den Lehrstoff selbst schaffen und ihn im Unterricht durch Rechnung und Zeichnung verarbeiten, wobei er einen Einblick in die Genauigkeit seiner Messung erhält. Auch bei einfachen Meßaufgaben kommen Sätze der Planimetrie, Stereometrie, der ebenen und sphärischen Trigonometrie und der Differentialrechnung zur Verwendung. Die Messungen können mit grobem Gerät begonnen, in höheren Klassen mit einfachem festen Feingerät fortgesetzt werden. Welches grobe Gerät selbst gefertigt werden kann, und wie ein feines beschaffen sein soll, wird in den Grundzügen nachstehend gezeigt.

Einleitung.

Die Preußische Staatliche Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht wünscht, daß ich im Zusammenhang mit den von ihr eingerichteten praktischen Lehrgängen einen Leitfaden für Feldmessen verfasse. Diese Aufgabe übernehme ich gerne, da ich kein anderes Gebiet wüßte, das anregender für den Schüler und fruchtbringender für den Unterricht wäre, als die einfachen Feldmessungen. Wenn der Schüler die Messung im Freien selbst ausführt, was er gerne tut, so wird sein Interesse auch bei der Ausarbeitung und Behandlung unter Leitung des Lehrers wach bleiben. Die Förderung seiner Kenntnisse liegt aber in der wissenschaftlichen Behandlung des von ihm durch Messung gewonnenen Lehrstoffes. Die Messung ist für ihn nur Mittel zum Zweck; für die Schule muß der Grundsatz gelten: keine Messung ohne Verarbeitung. Ohne dieses Ziel ist die Messung nutzlos, mehr oder weniger nur Spielerei, oder eben nur mechanische Handarbeit. Als solche könnte sie immerhin noch dem aufgeweckten Volksschüler vorteilhaft sein, der Vermessungstechniker werden will, da von ihm eine gewisse Handfertigkeit im Gebrauche des Theodolits später verlangt wird. Nimmermehr aber dem der Wissenschaft zustrebenden Schüler höherer Schulen. Nicht nur daß ihm die nur mechanische Fertigkeit ohne Einblick in die mathematischen Vorgänge beim Messen nutzlos ist, sie kann ihm, sofern er Bau-, Berg- oder Vermessungsingenieur werden will, geradezu zum Verhängnis werden. Denn die Gefahr liegt nahe, daß er in der Meinung, er könne schon messen, auf der Hochschule die auf strenge Gedankenarbeit gerichteten Vermessungsstudien vernachlässigt und in diesem Fach ein Stümper bleibt. Die Schuld hat dann die Schule.

Und wie stehts in der Schule mit dem Meßgerät, wie stehts mit dem Hauptinstrument, dem Theodolit, und mit seiner Verwendung? Wohl sieht man da und dort gute, von bewährten Firmen richtig gebaute Instrumente. Oft genug aber auch alte

abgelegte Instrumente, deren gute Herkunft wohl noch erkennbar ist, die aber verbraucht und klapprig und kaum noch abzulesen sind — Geschenke an die Schule. Oder äußerlich recht schmucke, aber minderwertige, wenn nicht falsch gebaute Instrumente — offenbar um geringen Preis erstanden. Um nur einen häufig vorkommenden Fehler zu nennen: Theodolit mit Höhenkreis, aber ohne Höhenwinkellibelle. Andererseits im Gebrauche: was nützt eine solche Libelle, die für einfache Messungen eine Nivellierlibelle auf dem Fernrohr sein kann, wenn nicht vor der Messung nachgeprüft wird, ob ihre Achse der Zielachse parallel ist? Werden überhaupt die Achsen des Theodolits (auch des Nivellierinstruments) von Zeit zu Zeit untersucht und ihre Fehler beseitigt oder in Rechnung gezogen? Was nützt eine Ablesung auf 30″, wenn die Messung um mehrere Minuten falsch ist? Und kann man so eingehende, aber für Theodolitmessungen notwendige Kenntnisse im allgemeinen vom Lehrer voraussetzen, und ist es nicht zu viel verlangt vom Schüler?

Sind die Kosten für einen guten Theodolit und ein gutes Nivellierinstrument nicht so hoch, daß die Anschaffung mehrerer Instrumente ausgeschlossen ist? Wie gestaltet sich aber der Unterrichtsbetrieb in der Schulklasse mit nur einem solchen Instrument? Kann es der Lehrer den Schülern, je gruppenweise für freie Stunden, überlassen, ohne fürchten zu müssen, daß es bald beschädigt und unbrauchbar wird? Die Wiederherstellung erfordert dann erhebliche Kosten und oft Wochen, wenn nicht Monate, an Zeit. Wenn aber die Messungen durch den Lehrer mit der ganzen Klasse geschlossen vorgenommen werden müssen, wobei nur ein paar Schüler richtig mittun können, was treiben dann die anderen, die zusehen sollen und müßig stehen? Die geistig regen werden bald mit ihren Gedanken abirren.

Und wie steht es mit der Erkenntnis des Meßvorgangs? Man erklärt, daß man einen Punkt anzielt, und es sieht auch so aus; in Wirklichkeit aber stellt man nur das Fadenkreuz auf die Mitte des Bildes ein. Das ist aber nur für diejenigen scharf erkennbar, für deren deutliche Sehweite das Fadenkreuz richtig gestellt ist; die anderen sehen die Einstellung undeutlich oder falsch oder gar nicht.

Solche Erwägungen legten die Frage nahe, ob nicht ein Meßinstrument für die Schule geschaffen werden könne, das zwischen den vorhandenen, etwas groben und nicht gerade billigen einfachen Meßapparaten und dem Theodolit stünde. Dieses Gerät sollte durch Präzisionsarbeit gebaut, dabei aber einfach und durchsichtig und vielseitig verwendbar sein. Es soll den Schülern in die Hand gegeben werden können, ohne daß eine Beschädigung durch unbedachte, freilich nicht leichtfertige Behandlung zu befürchten ist. Wenn aber ein Schaden eintritt, so soll er durch einen Mechaniker am Orte behoben werden können. Das Gerät soll vom Schüler selbst geprüft und berichtigt werden können, bei Messungen sollen mehrere Schüler gleichzeitig an ihm beschäftigt sein. Die Kosten sollen so mäßig sein, daß mehr als ein einziges Gerät für eine Schule angeschafft werden kann. Diese Forderungen führten zum Entwurf einer Meßscheibe, die dann nach konstruktiver Durcharbeitung von Herrn Oberregierungsrat Professor Dr. Göpel an der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt unter Leitung von Herrn Dr. Keil gebaut worden ist. Im Frühjahr 1925 konnte ich die Meßscheibe dem Direktor der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht und einem weiteren sachkundigen Kreise vorzeigen und erläutern. Die Meßscheibe wurde für den Schulunterricht geeignet befunden, dabei aber gewünscht, daß sie zur Wahrung guter Herstellung unter Patentschutz gestellt werde. Dies ist inzwischen geschehen (D.R.P. 443817). Der Preis der Meßscheibe wurde zu 150 Mk. geschätzt. Inzwischen ist die Meßscheibe von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in einfacherer Bauart angefertigt worden, wodurch die Kosten geringer werden. Bei der genannten Vorführung meinte mein Kollege, Herr Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Scheffers von der Technischen Hochschule Berlin, eine Winkelscheibe für Schüler müßte auch um 50 Pfennig herzustellen sein. Dieser Anregung folgend, ging ich auf den von mir wie auch von vielen anderen schon früher versuchten Weg der Selbstanfertigung

zurück. Jetzt, wo überall gut eingerichtete Schülerwerkstätten vorhanden sind, können einfache Meßgeräte unter fachkundiger Leitung fast ohne Kosten durch die Schüler selbst hergestellt werden. Man braucht astfreies, glattgehobeltes Tannenholz, Latten für Meßstangen, Fluchtstäbe und Haltestöcke, Sperrholz für Meßtisch und Winkelscheibe, kurze Holzklötze für Kreuzkopf oder Winkelkopf und für Winkelspiegel, Holzschrauben verschiedener Größe, Polsternägel, Messingblech, Messingstängchen für Spannvorhänge, auch Eisenzwingen; sodann für den Meßtisch ein Dreibein (Stativ), das auch sonst verwendet werden kann. Mit solchem rohen Meßgerät aus Holz lassen sich viele Meßaufgaben lösen, allerdings mit nur geringer Genauigkeit, aber zur Ausführung in den mittleren Klassen doch wohl geeignet. Immerhin kann man Winkel bis auf 1^0 richtig messen; die Fehler des Gerätes kann der Schüler durch Messungen selbst bestimmen.

Grobes Meßgerät.

Einfache Geräte aus Holz wurden nach meinen Angaben durch den Leiter der Schülerwerkstätte des Realgymnasiums in Schwäbisch-Gmünd, Herrn Reallehrer Butz, hergestellt. Da in der „Anleitung zum Feldmessen" ausführliche Angaben über die Herstellung gemacht werden sollen, genügt es, hier einige Andeutungen zu geben.

1. Ein Paar Meßlatten, 4 m lang, Querschnitt etwa 4×3 cm, mit Schutzblech an den Endflächen; in Dezimeter untergeteilt, halbe und volle Meter besonders gekennzeichnet (Fig. 1). Das Holz kann mit Leinöl getränkt werden. Man kann die Latten auch mit Lackfarben überziehen, meterweise die eine Latte weiß und rot, die andere weiß und blau, die Dezimeter-Striche schwarz. Zur Messung: Vor oder nach dem Gebrauch ist jede Latte mit einem guten Meterstab und einer feinen Nadel auf ihre Länge zu prüfen; danach sind die Meßergebnisse zu verbessern.

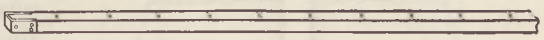


Fig. 1. Meßlatte.

2. Fluchtstäbe, $1^1/_2$ oder 2 m lang, etwa 3 cm dick, Längskanten weggenommen, so daß der Querschnitt achteckig ist. Unten mit Eisenspitze versehen. Vom oberen Ende her in halbe Meter oder Dezimeter geteilt; oder mit Lackfarben halbmeterweise weiß und rot oder blau oder schwarz gestrichen.

3. Stöcke für Kreuzkopf oder Winkelkopf und Winkelscheibe ebenso, aber ohne Teilung und Anstrich. Länge je nach Schülergröße 1 bis $1^1/_4$ m.

4. Kreuzkopf oder Winkelkopf (Kreuzscheibe), prismatisch, etwa $8 \times 8 \times 10$ cm (Fig. 2), oder zylindrisch, mit zwei senkrecht aufeinander stehenden Schnitten, seitlich tiefer gesägt als in der Mitte. Unten ein Zapfenloch zum Einstecken eines Stabes mit Eisenspitze.

Fig. 2. Kreuzkopf.

4a. Winkelspiegel (Fig. 3). Auf dem Kreuzkopf oder einem besonderen Holzklotz werden unter 45^0 zwei Rillen eingesägt zum Anstecken zweier Spiegelstücke von etwa 4×3 cm Größe. Die Einkerbungen müssen etwa $2^1/_2$ cm seitlich verschoben sein; die Spiegel sind so einzustecken, daß die Verbindungsebene ihrer äußeren Enden ungefähr durch den Mittelpunkt geht. Unbenutzte Teile der Einsägungen können mit Kitt ausgefüllt werden.

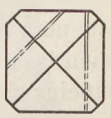


Fig. 3. Einschnitte für Winkelspiegel.

5. Winkelscheibe (Fig. 4). Eine 10^0-Teilung mit Unterteilung auf 5^0 von etwa 15 cm Durchmesser wird auf eine Scheibe von Sperrholz aufgeklebt und zentrisch durchbohrt, so daß die Scheibe auf Reibung im Hals einer durchgeschobenen Holzschraube sitzt. Über der Scheibe, ebenfalls im Hals der Schraube, ist ohne Reibung ein Holzarm drehbar, dessen Enden abgeschrägt sind und auf einem aufgeklebten Papierstück je eine Strichmarke zum Ablesen auf der Gradscheibe tragen. Der Holzarm trägt zwei parallele Stützen als Absehvorrichtung (Diopter). Hierfür werden Stücke von Vorhangstängchen verwendet. Der massive Stift wird fest in den Holzarm

eingeschoben, die Hülse wird oben flachgedrückt. Beim Zielen werden beide Hülsen so gestellt, daß die flachen Teile in der Zielebene sind, für geneigte Zielungen auch nach Bedarf an der massiven Führung verschoben. Wenn man in eine der plattgedrückten Flächen einen Schlitz einsägt, so erhält man durch Querstellung dieser Hülse eine bessere Absehvorrichtung. Die Winkelscheibe wird mit der Holzschraube in einen Stock eingeschraubt, der Stock wird fest und nach Augenmaß lotrecht in den Boden eingestoßen. Statt des Gewindes an der Holzschraube kann auch eine drei- oder vierkantige Spitze zum Aufstecken der Scheibe auf den Stab vorhanden sein. Bei der Messung von Winkeln wird an beiden Strichmarken abgelesen und wie üblich gemittelt. Dann wird mit jeweils verstellter Scheibe die Messung beliebig oft wiederholt. Der Holzarm sitzt nur an den Enden auf der Scheibe auf, nach der Mitte zu hebt er sich etwas ab, so daß zwischen Scheibe und Arm bei Vertikalwinkelmessung ein Fadenlot an den Hals der Schraube angehängt werden kann. Zur Messung von Vertikalwinkeln schraubt man die Winkelscheibe seitlich an einen fest in den Boden gesteckten Stock an.

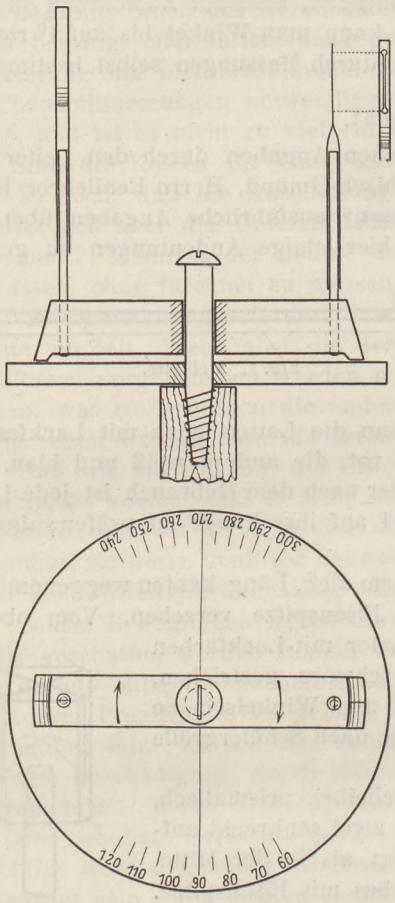


Fig. 4. Winkelscheibe.

6. Meßtisch und Ziellineal (Kippregel). Die Meßtischplatte fertigt man sich aus Sperrholz, etwa 40×40 cm und 1 cm dick. Auf der Unterseite in der Mitte leimt man einen Holzklotz auf, der ein Gewinde oder sonst eine Vorrichtung zum Befestigen und Drehen auf einem Dreibein (Stativ) trägt. Die Meßtischplatte soll auf Reibung sitzen,

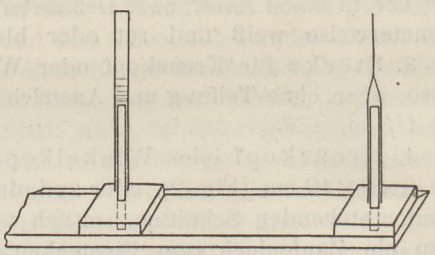


Fig. 5. Ziellineal.

wozu man Gummischeiben unterlegen kann, sie soll sich von Hand auf dem Dreibein drehen lassen, aber keine Eigenbeweglichkeit haben. Die Anschaffung eines geeigneten Dreibeins ist die einzige erhebliche Ausgabe; das Gestell einer kleinen Kamera hat sich als zu schwach erwiesen. Ein für den Meßtisch brauchbares Gestell kann aber so eingerichtet werden, daß es zugleich für Aufnahme einer Kanalwage (s. u.) und zur Aufstellung einer feinen Meßscheibe (S. 123) dient. Das Ziellineal ist ein etwa 40 cm langes Lineal mit gerader abgeschrägter Ziehkante, das an einem Ende und etwa 25 cm davon entfernt je eine Stütze der Absehvorrichtung (Diopter) trägt, in der oben unter Nr. 5 beschriebenen Ausführung. Um den Stützen einen festen Halt zu geben, leimt man Holzstücke auf das Lineal, so daß die durchgesteckten massiven Führungsstifte festsitzen (Fig. 5). Zur Aufstellung des Meßtisches über einem gegebenen Punkte braucht man noch eine Lotgabel, die man sich leicht aus einem starken Draht selbst anfertigen kann. Die Aufstellung über dem Punkt braucht nur auf einige

Zentimeter richtig zu sein. Wenn für Meßtischaufnahmen auch Entfernungen zu messen sind, kann dies unmittelbar mit dem Rollmeßband geschehen. Man kann aber auf verschiedene Weise auch die Diopterein richtung zur Entfernungsbestimmung einrichten.

7. Kanalwage. Zur Bestimmung von Höhenunterschieden durch Nivellieren kann man die Kanalwage benutzen, freihändig, oder an einem einfachen Stock befestigt, oder auf dem unter Nr. 6 genannten Dreibein (Stativ) aufgesetzt. Die Kanalwage kann eine rund oder rechteckig gebogene, in sich geschlossene Glasröhre sein, teilweise gefüllt mit gefärbter Flüssigkeit. Man kann aber auch zwei offene Glasröhren durch einen Schlauch verbinden und für die Messung mit gefärbtem Wasser füllen. Die Wasserstände sind gleich hoch, die Zielung über beide Oberflächen hinweg ist wagrecht. Man kann nun in dieser Ziellinie an einem lotrecht gestellten Maßstabe ablesen. Dieser besteht aus einem in halbe Dezimeter geteilten Papierstreifen, der an einer Stange angeheftet wird. Bei 1 cm dicken Strichen kann man etwa 50 m weit ablesen. Besser noch läßt man auf einer in Zentimeter geteilten Stange eine Zielscheibe auf- und abschieben und winkt sie in die Zielhöhe der Kanalwage ein. Statt der Kanalwage kann man auch die unter Nr. 5 beschriebene Winkelscheibe zum Nivellieren benutzen.

Feines Meßgerät, Meßscheibe.

Ein als Kreuzscheibe, Winkelmeß- und Nivellierinstrument verwendbares feines Meßgerät, das, wie oben erwähnt, in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt gebaut wurde, ist in Fig. 6 bis 10 abgebildet. Der in Grade geteilte Kreis aus Zelluloid ist

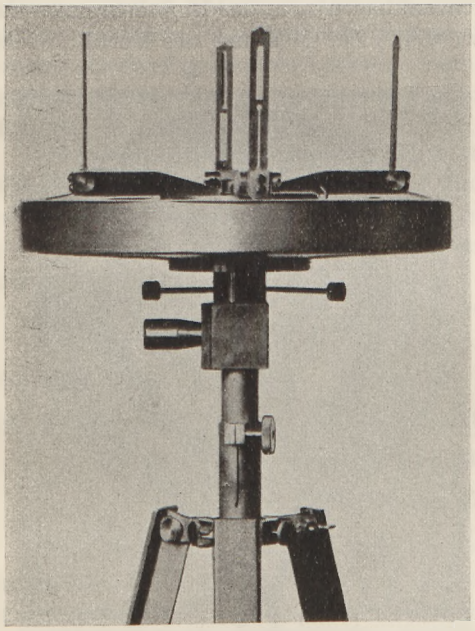


Fig. 6. Meßscheibe (horizontal gestellt).

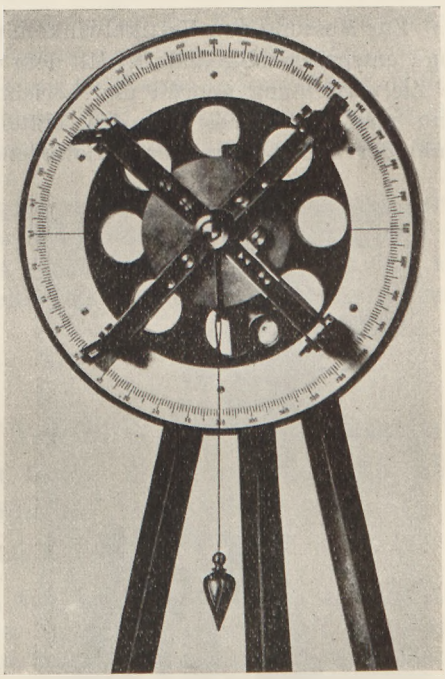


Fig. 7. Meßscheibe (vertikal gestellt).

von A. Nestler in Lahr bezogen. Der Bau der Meßscheibe ist in einer zweiten Ausführung etwas geändert, im ganzen einfacher gehalten worden. Außerdem ist statt des einfachen, nur aus T-Eisen und einem Ring bestehenden Dreibeines ein leichteres und besseres aus Holz von Th. Rosenberg in Berlin verwendet worden (Fig. 9 und 10).

Eine Scheibe mit drehbarem Winkelkreuz wird auf einen Stock, ausziehbares Metallrohr mit Spitze unten, aufgesetzt (Fig. 8). Das Winkelkreuz trägt umklappbare oder feste

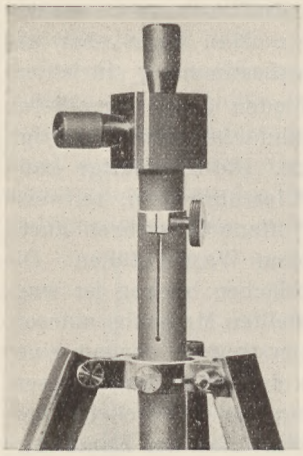


Fig. 8. Haltestock.

Absehvorrichtungen (Diopter). Ein Arm des Winkelkreuzes ist verschwenkbar, so daß die Kreuzscheibe vom Schüler geprüft und richtiggestellt werden, auch die Größe des Fehlers berechnet werden kann. Geneigte Zielungen bis etwa 12° sind durch die Schlitze und Fäden, bis 30° mit Hilfe der in Spitzen auslaufenden Stützen möglich. Die Scheibe trägt eine Gradteilung, das Winkelkreuz hat vier Ablesemarken, die Schätzung geht auf 0,1°, an der Ablesung können sich vier Schüler beteiligen; die Genauigkeit wird im Mittel gegen die Einzelablesung verdoppelt. Zur Wiederholung der Messung kann die Gradscheibe beliebig verstellt werden. Bei der Winkelmessung ist die Scheibe mit dem Stock in das Dreibein einzusetzen und durch die Stellschrauben mit Hilfe einer kleinen in die Scheibe eingesetzten Dosenlibelle wagrecht zu stellen. Die Höhe der Scheibe wird durch das Auszugsrohr der mittleren Größe der Schüler angepaßt. Nach gefälliger Mitteilung der Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht beträgt die mittlere Größe der Schüler

im Alter von	14 bis 14½	14½ bis 15	15 bis 15½	15½ bis 16	16 bis 16½	16½ bis 17 Jahren
Schüler . .	155	158	162	164	166	168 cm
Schülerinnen	155	156	157	158	159	160 cm.

Zur Messung von Vertikalwinkeln wird die Meßscheibe umgesteckt und die Stocklänge entsprechend geändert. Mit dem verschwenkbaren Arm des Diopterkreuzes kann die Zielvorrichtung geprüft und berichtigt werden. Zur Messung des Vertikalwinkesl kann man sich eines um den Mittelpunkt der Scheibe drehbaren Lotfadens

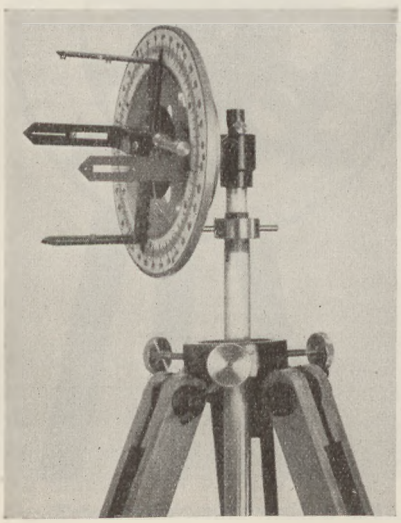


Fig. 9. Meßscheibe mit Dreibein.

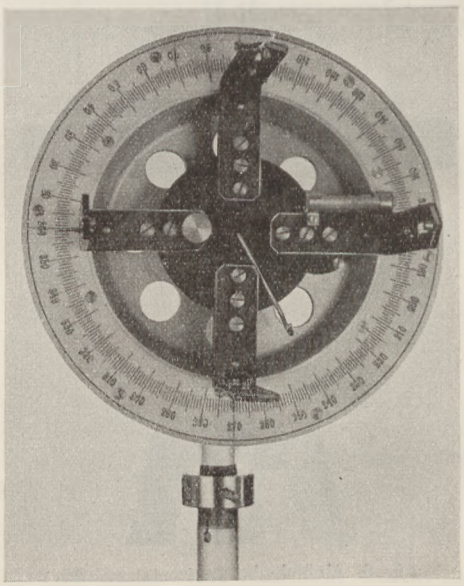


Fig. 10. Meßscheibe (vertikal gestellt).

mit angehängtem Gewicht (Senkel) bedienen, oder einer kleinen, am Drehkreuz angebrachten Röhrenlibelle. Die Gradscheibe ist verstellbar, man kann auch bei Vertikalwinkeln die Messung in beliebigen Stellungen der Scheibe wiederholen.

Die Verwendung der Meßscheibe zum Nivellieren ist durch Zielung beim Vertikalwinkel Null ohne weiteres gegeben. Wie schon unter Nr. 7 vorstehend angegeben,

wird man einen lotrecht gestellten Maßstab mit kräftiger Strichteilung oder besser eine Latte mit verschiebbarer und einzuwinkender Zielscheibe verwenden.

Auf andere feine Meßinstrumente — Theodolit, Nivellierinstrument, Bussole — soll hier nicht eingegangen werden, sie werden in dem schon genannten Leitfaden für Feldmessen behandelt.

Schlußwort.

Die einfachen Aufgaben der Feldmessung werden für den Schulunterricht von großem Nutzen sein, wenn die Schüler die Messungen selbst ausführen und auch verarbeiten. Am Anfang, bis die Schüler mit dem Meßgerät umgehen können, wird der Lehrer die Messungen leiten müssen. Die einfachen Meßgeräte können in genügend großer Zahl vorhanden sein — am besten von den Schülern unter Anleitung selbst gefertigt —, so daß die ganze Klasse in kleinen Meßgruppen auf einem geeigneten Platz gleichzeitig beschäftigt werden kann. Später muß es im allgemeinen genügen, wenn der Lehrer die einzelnen Meßaufgaben an Hand der Meßgeräte etwa auf dem Schulhofe mit seiner Klasse durchspricht und dann nach einem vereinbarten Plan die Ausführung der Messungen in einem geeigneten Gelände in schulfreier Zeit den einzelnen Schülergruppen überläßt. Die Ausarbeitung des von jeder Gruppe gewonnenen Meßergebnisses ist dann wieder in der Schule unter Anleitung des Lehrers gemeinsam vorzunehmen.

Die Heranziehung der Feldmessungen zum Unterricht kann schon bald in den mittleren Klassen erfolgen. Für die Prüfung des Kreuzkopfes ist es nur nötig, zu wissen, daß ein Winkel dann ein rechter ist, wenn er gleich seinem Nebenwinkel ist. Zum Verständnis des Winkelspiegels braucht man außer der Kenntnis der Spiegelwirkung nur den Satz vom Außenwinkel am Dreieck und am Kreisviereck. Für den Meßtisch kommen die Ähnlichkeitssätze in Betracht. Warum man bei der Winkelmessung an zwei gegenüberliegenden Stellen ablesen muß, kann man dem Schüler ohne trigonometrische Kenntnisse ganz einfach erklären. Die Ausarbeitung hat durch Zeichnung zu geschehen.

In den oberen Klassen sind die Messungen mit feinerem Gerät schärfer durchzuführen. Nach Sätzen der ebenen und der sphärischen Trigonometrie sind die Berechnungen vorzunehmen. Dazu kommt die genaue Aufzeichnung. Bald und ausgiebig sind Genauigkeitsbetrachtungen anzustellen, zu denen die Differentialrechnung heranzuziehen ist.

Überblick über die Entstehung, die Tektonik und die Auslaugung der deutschen Kalisalzlagerstätten nebst einigen Angaben über die Kalisalzvorkommen im Auslande[1].

Von Dr.-Ing. E. Fulda in Berlin.

Eine besonders reizvolle Aufgabe ist es, aus den Aufschlüssen in unseren Kalibergwerken die Entstehungsbedingungen herauszulesen, wobei die Ergebnisse der physikalischen Chemie der Salzlösungen eine besondere Berücksichtigung verdienen.

Unsere Salzlager setzen sich in der Hauptsache aus folgenden Elementen zusammen:

A. Kationen: Na, K, Mg, Ca.
B. Anionen: Cl, SO_4.

Dieselben Elemente bilden die wichtigsten gelösten Bestandteile des Meerwassers. Man vermutet deshalb, daß die Zechsteinsalze durch Eindunstung von Meerwasser

[1] Zweiter Teil eines am 11. November 1927 im Auftrage der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Preußischen Geologischen Landesanstalt in Berlin gehaltenen Vortrages. Vgl. diese Zeitschr. 41, 81; 1928.

entstanden sind, zumal dadurch auch die ungeheuren Salzmassen erklärt werden können, die sich im Oberen Zechstein gebildet haben.

Eine noch nicht einwandfrei geklärte Unstimmigkeit ergibt sich allerdings, wenn man einen quantitativen Vergleich anstellt. Die Zechsteinschichten enthalten wesentlich mehr $CaSO_4$ (Anhydrit) als das Meerwasser. Besonders groß sind die Anhydritmassen des Mittleren Zechsteins im Osten (Bohrung Bornsdorf bei Luckau in der Mark, Gegend von Merseburg), verhältnismäßig gering dagegen im Westen (Werragebiet, Niederrheingebiet). Wahrscheinlich müssen diese Unterschiede durch örtlich verschiedene Entstehungsbedingungen erklärt werden.

Der Ablagerungsraum, in dem große Salzmassen durch Eindunstung von Meerwasser entstehen konnten, ist durch ganz besondere Eigentümlichkeiten gekennzeichnet. Ochsenius nahm an, daß eine Absperrung eines Nebenmeeres durch eine untermeerische Barre gegenüber dem offenen Ozean genüge, um bei einem Wüstenklima des benachbarten Festlandes eine Eindunstung zu ermöglichen. Der Rückzug der eindunstenden Lösungen in drei getrennte Salzseen spricht aber dafür, daß in der Zechsteinzeit eine wesentlich beschränktere Verbindung mit dem Weltmeer bestanden hat.

Neuerdings ist in Französisch-Somaliland ein Salzsee bekannt geworden, der durch Meerwasser gespeist wird. In einer Depression, deren Oberfläche 160 m unter dem Meeresspiegel liegt, trifft man dort 15 km von der Küste entfernt den Assalsee, an dessen Ufern Quellen zutage treten, deren Wasser den Salzgehalt des Meerwassers hat. Offenbar fließt hier ein unterirdischer Grundwasserstrom vom Meer aus landeinwärts und speist diese Quellen. Im Seegebiet dunstet das Wasser fortgesetzt ein. Vor unseren Augen entsteht eine Salzlagerstätte. Langsam wird die Depression mit festem Salz erfüllt.

In ähnlicher Weise muß man sich in der Zechsteinzeit in Mittel- und Norddeutschland eine sehr ausgedehnte Senke vorstellen, die durch einen Grundwasserstrom oder einen landeinwärts vom Meere her strömenden Salzwasserfluß gespeist wurde. Ein Teil der durch Verdunstung entfliehenden Wassermenge wurde dabei fortlaufend durch frisches Meerwasser ersetzt, ohne daß im allgemeinen Spiegelgleichheit zwischen dem Ozean und den Laugen der Salzseen erreicht worden wäre.

Der Salzwasserzufluß war zeitlich nicht gleichmäßig. Wenn er fast vollständig versiegte, begannen die Mutterlaugen, aus denen sich das Chlornatrium bereits abgeschieden hatte, einzudunsten. Es bildeten sich die Kalilager. Der aus Chlormagnesiumlauge bestehende Rest der Mutterlaugen blieb wegen seiner großen Hygroskopizität auch dann noch flüssig und wurde jedesmal von neuen Überflutungen aufgenommen. Die wegen ihres hohen spezifischen Gewichtes am Seeboden lagernde Lauge schützte die Kalilager vor Auflösung bei der Ankunft neuer dünnerer Lösungen.

Da die Lösung Cl und SO_4 nebeneinander enthielt, mußten sich chloridische und sulfatische Salze bilden. Auf einem Fundament von fast reinem $CaSO_4$ (Anhydritgestein) lagerte sich eine Salzfolge ab, die aus einem Wechsel von Chloriden und Sulfaten besteht.

Bei den experimentellen Versuchen van 't Hoffs hat es sich gezeigt, daß die Sulfate dazu neigen, in übersättigter Lösung zu verharren und erst nach Erreichung der metastabilen Grenze (nach Ostwald) auszukristallisieren. Van 't Hoff mußte seine Lösungen tagelang umrühren, um die Übersättigung zu beseitigen. In der Natur ist die Übersättigung vermutlich gleichfalls eingetreten. Wir finden deshalb Chloride und Sulfate nicht in einem innigen Gemisch, sondern in einer Wechsellagerung, die als rhythmische Fällung aus periodisch übersättigter Lösung aufzufassen ist. Während der Ablagerung einer Chloridschicht von beispielsweise 10 cm Mächtigkeit reicherte sich Sulfat in übersättigter Lösung an und wurde dann plötzlich ausgefällt, um eine etwa 4 mm starke Sulfatschicht zu bilden.

In einer normalen Salzfolge bilden sich von unten nach oben hintereinander folgende Mineralien:

A. Chloride	B. Sulfate
Bischofit	Kieserit
Karnallit	Langbeinit
Sylvin	Loeweit
	Vanthoffit
	Polyhalit
Steinsalz	Glauberit
	Anhydrit

Nach diesem Schema sind in der älteren Salzfolge des Hauptbeckens folgende Salzgesteine entstanden:

Älteres Kalilager (Flöz Staßfurt)	Karnallitgestein = Karnallit + Steinsalz + Kieserit
	Hartsalz = Sylvin + Steinsalz + Kieserit
Übergangsschichten	Steinsalz + Langbeinit
	Steinsalz + Loeweit
	Steinsalz + Vanthoffit
	Steinsalz + Polyhalit
	Steinsalz + Glauberit
Älteres Steinsalz:	Steinsalz + Anhydrit.

Die experimentellen Untersuchungen haben gezeigt, daß sich aus nicht genügend umgerührten Lösungen, die das sich sehr träge einstellende chemische Gleichgewicht nicht erreicht haben, eine abweichende Schichtenfolge bilden kann, bei der die Entstehung der Doppelsulfate Vanthoffit, Loeweit und Langbeinit sowie des Sylvins unterbleibt. Dies ist auch in der Natur sehr häufig der Fall gewesen. Neben der oben angegebenen „Hartsalzfolge" kommt beinahe noch häufiger folgende „Karnallitgesteinsfolge" vor:

Älteres Kalilager:	Karnallitgestein = Karnallit + Steinsalz + Kieserit.
Übergangsschichten	Kieseritregion = Steinsalz + Kieserit
	Polyhalitregion = Steinsalz + Polyhalit
	Glauberitregion = Steinsalz + Glauberit.
Älteres Steinsalz:	Anhydritregion = Steinsalz + Anhydrit.

Besonders lebhaft umstritten ist die Frage der Bildungstemperatur der Kalisalzlager. Durch die Untersuchungen van 't Hoffs sind die Temperaturgrenzen für die Entstehungsmöglichkeit der einzelnen Salzmineralien sowie für die Paragenesen von verschiedenen Salzen festgestellt worden. Dabei hat sich unter anderem ergeben, daß die Paragenese von Sylvin und Kieserit, die in der Natur im Hartsalz weit verbreitet ist, erst bei Temperaturen über 72° entstehen kann, ferner daß bis zu einer Temperatur von 83° Kainit entstehen kann, ein Mineral, das in den primären Salzgesteinen in der Regel fehlt. Die Bildungstemperatur muß daher im allgemeinen oberhalb 83° gelegen haben.

Man hat lange Zeit nicht glauben wollen, daß derartig hohe Temperaturen in Laugenbecken unter dem Einfluß der Sonnenbestrahlung entstehen können. Lachmann nahm deshalb an, daß zunächst eine Salzfolge mit kristallwasserreichen Sulfaten bei ziemlich niedriger Temperatur entstanden sei. Nach Bedeckung durch jüngere Sedimente (Mesozoikum) von großer Mächtigkeit seien die Salze im Erdinnern in einen Raum höherer Temperatur geraten, in dem sie in ihre heutige Form umkristallisiert seien.

Bei diesem Vorgang hätten die Salze eine Menge Kristallwasser abgeben müssen, dessen Ausquetschung nicht ohne Spuren geblieben sein könnte. Gerade bei den Hartsalzen ist aber immer eine besonders gut ausgeprägte Schichtung zu erkennen, die auf eine primäre Entstehung ohne nachträgliche Umkristallisation hinweist. Die Theorie der „geothermalen Metamorphose" läßt sich daher nicht aufrecht erhalten.

Hochgesättigte Salzlösungen können wegen ihres geringen Dampfdruckes nur langsam eindunsten und in der Zeiteinheit nur wenig Verdampfungswärme verbrauchen. Um so mehr Wärme steht für eine Temperaturerhöhung zur Verfügung. Hinzukommt, daß sich auf solchen Lösungen schwimmende Salzdecken bilden, die eine Wärmespeicherung nach Art der Glashauswirkung begünstigen.

Bei einem Versuch, aus Mutterlaugen einer Meerwassersaline Kalisalze durch Eindunsten mit Hilfe der Sonnenwärme herzustellen, sind in Kalifornien Temperaturen bis 80° gemessen worden. Daraus geht hervor, daß besonders chlormagnesiumreiche Laugen wesentlich höhere Temperaturen erreichen können, als die mittlere Jahrestemperatur der Luft in der Umgebung eines Laugenbeckens beträgt. Die Temperaturfrage bildet deshalb keinen Hinderungsgrund für die Annahme einer primären Entstehung der Kalisalzlager zur Zechsteinzeit bei Temperaturen über 83°.

Wahrscheinlich sind derartig hohe Temperaturen sogar notwendig, um die außerordentlich hygroskopischen Salze zu zwingen, sich aus ihren Lösungen in fester Form abzuscheiden. Kältere Lösungen würden auch bei größter Trockenheit der Luft keine nennenswerte Verdunstung zeigen.

Vermutlich herrschte in der Umgebung der Zechsteinsenke ein Wüstenklima ohne Niederschläge. Die Auffüllung erfolgte daher nur durch salzige Zuflüsse vom Ozean her.

Im Hauptbecken erfolgte nach der Ablagerung des Flözes Staßfurt ein sehr starker Zufluß, der den Beckeninhalt zur Zeit des grauen Salztons so weit aussüßte, daß eine bescheidene Fauna auf dem Meeresboden leben konnte.

Gegen Ende der Zechsteinzeit trat allmählich ein feuchteres Klima ein, bei dem die Bildung von Salz unterblieb. Statt dessen wurde die Senke mit roten Tongesteinen weiter ausgefüllt, die den Unteren Buntsandstein einleiten.

Vor Beginn der Kreidezeit wurden tektonische Kräfte wirksam, die besonders in Norddeutschland einen tiefgreifenden Einfluß auf die Lagerungsverhältnisse des Salzes ausübten.

Durch Experimente konnte nachgewiesen werden, daß ein Aggregat von pulverförmigen Salzteilchen unter hohem Druck in einen fließbaren Zustand übergeht und sich in Bewegung setzt. Folgende Fließdrucke wurden durch Geller ermittelt:

Mineral	Fließdruck in kg/qcm				
	bei 25°	bei 50°	bei 75°	bei 100°	bei 125°
Farbloses Steinsalz . . .	7700	7100	6600	6100	5700
Blaues Steinsalz	7100	6600	6100	5700	5300
Sylvin	5600	5200	4800	4400	4000
Karnallit	2600	1600	1000	650	440
Bischofit	2300	1500	800	500	Schmelze

Außerdem hat Geller den Einfluß hoher Drucke auf die Schmelztemperatur von einigen kristallwasserhaltigen Salzmineralien untersucht. Bei Annahme einer geothermischen Tiefenstufe von 30 m kommt er zu folgenden Ergebnissen in bezug auf die Erdtiefen, in denen durch die Belastung des Deckgebirges allein Zustandsänderungen im Salzgebirge hätten hervorgerufen werden können:

Mineral	Flußtiefe in Metern	Schmelztiefe in Metern
Bischofit	2 800	4200
Karnallit	3 030	5800
Sylvin	9 300	—
Steinsalz	11 700	—
Kainit	—	4800

Aus allgemeinen geologischen Gründen kann man annehmen, daß höchstens im norddeutschen Flachlande mehr als 2000 m Deckgebirge über den Zechsteinsalzen gegenwärtig oder in der geologischen Vergangenheit in Frage kommen können.

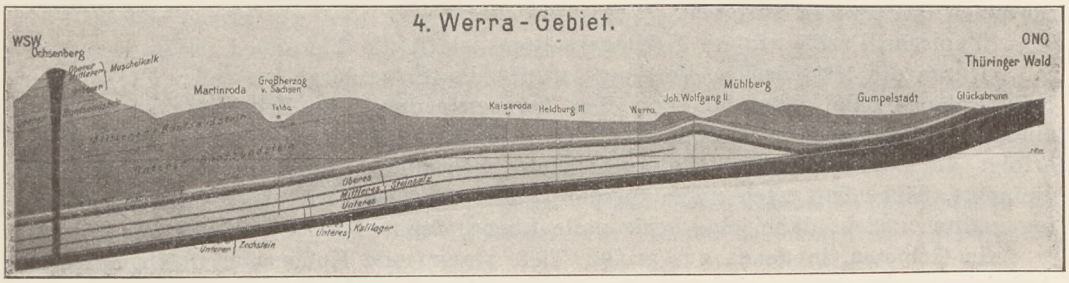


Fig. 1. Profil durch die Salzlagerstätte des Werragebirges. Die Lagerstätte ist konkordant mit ihrem Hangendgebirge schräg gestellt, aber sonst nicht tektonisch gestört.
(Nach einer Darstellung im Museum der Preußischen Geologischen Landesanstalt. Entwurf von E. Fulda.)

Fließerscheinungen im Salzgebirge sind dagegen in allen Verbreitungsgebieten des Zechsteinsalzes bekannt. Sie können daher nicht, wie man vielfach angenommen hatte, auf den Belastungsdruck des Deckgebirges zurückgeführt, sondern müssen durch stärkere tektonische Kräfte erklärt werden, die wahrscheinlich zur Zeit des Oberen Jura und des Senon wirksam waren (Saxonische Faltung).

Fig. 2. Profil durch den Staßfurter Sattel. Die Salzlagerstätte ist zu einem Sattel emporgewölbt, in dessen Bereich das Ältere Steinsalz angestaut wurde.
(Nach einer Darstellung im Museum der Preußischen Geologischen Landesanstalt. Entwurf von E. Fulda.)

Nur wenig tektonisch bewegt sind die Salzlagerstätten an der Werra und im Südharzgebiet. Sie haben die konkordante Lagerung mit dem hangenden Buntsandstein bewahrt. Zu Sätteln, in deren Kernen große Salzmassen stecken, sind die Salzschichten in Südhannover und in der Staßfurter Gegend emporgewölbt. Im

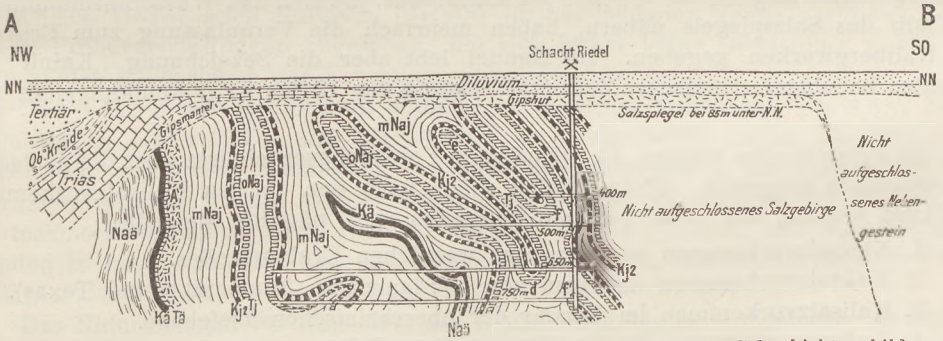


Fig. 3. Profil durch den Salzstock von Hänigsen. Die in sich stark gefalteten Salzschichten bilden einen Salzstock, der aus der Tiefe gestiegen ist.

Naä = Älteres Steinsalz
Kä = Älteres Kalilager (Staßfurt)
Tä = Grauer Salzton
A = Hauptanhydrit
mNaj = Mittleres Jüngeres Steinsalz
Kj2 = Flöz Riedel
Tj = Roter Salzton
oNaj = Oberes Jüngeres Steinsalz

mittleren und nördlichen Hannover sind steil aus der Tiefe aufsteigende Salzstöcke entstanden, in denen die Salzschichten, die hangenden Sedimente durchspießend, gewissermaßen eruptiv nach oben gegossen sind. Im inneren Bau der Salzstöcke haben sich dabei Fließdiskordanzen gebildet, an denen gelegentlich ganze Schichtpakete des normalen Salzprofiles ausfallen.

Typische Profile einiger Salzlagerstätten zeigen die Figuren 1 bis 3.

Durch die tektonischen Vorgänge wurde das Salzgebirge an vielen Stellen der Erdoberfläche nahe gebracht. Von oben her setzte durch die Berührung mit Wasser eine Ablaugung ein, die sich allmählich bis in größere Tiefe fortsetzte. Im allgemeinen erfolgt die Salzauslaugung, die auch heute noch durch Vermittlung von Solquellen andauert, flächenhaft nach unten forschreitend. Als Oberfläche jeder einzelnen Salzlagerstätte entsteht dabei eine horizontale Ebene, der Salzspiegel (vgl. Fig. 2 u. 3).

In Gebieten, in denen aus großer Tiefe stammende Kohlensäurequellen örtliche Auftriebszentren bilden, ist statt des horizontalen Salzspiegels ein geneigter Salzhang als abgelaugte Endfläche mancher Salzlagerstätten entstanden (vgl. Fig. 4).

Im Anschluß an die Ablaugungsnarben des Salzspiegels oder des Salzhanges haben nachträgliche Umwandlungen der Kalisalzgesteine stattgefunden, die haupt-

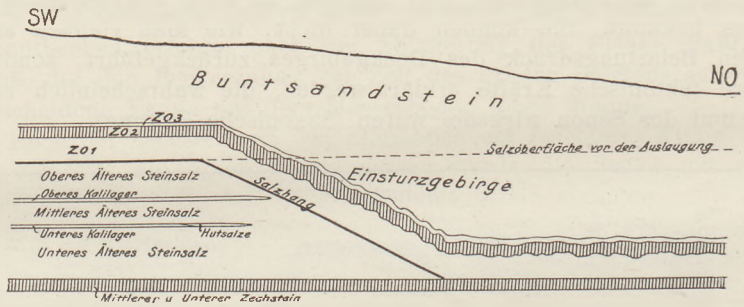


Fig. 4. Salzhang bei Berka an der Werra.

sächlich in einer Auslaugung des Chlormagnesiums und einer Umkristallisation in Salzmineralien, die sich bei gewöhnlicher Temperatur bilden können, bestehen. Dabei entstanden meistens Kainitgesteine, bei Abwesenheit von Kieserit auch Sylvinite. In diesen posthumen Bildungen mit verwischter Schichtung kommen kristallwasserreiche Sulfate wie Reichardtit, Leonit, Schönit, Astrakanit usw. vor, die nur bei Temperaturen unter 60° entstehen können.

Die Gewinnung der Kainitgesteine hat man jetzt fast überall aufgegeben, weil es sich herausgestellt hat, daß ihr Abbau meistens nicht ohne Gefahr für den Fortbestand des Bergwerkes möglich ist. Gerade die Kainitbaue, die sich den Wasseransammlungen oberhalb des Salzspiegels nähern, haben mehrfach die Veranlassung zum Ersaufen von Kalibergwerken gegeben. Im Handel lebt aber die Bezeichnung „Kainit" für Rohsalze beliebiger chemischer Zusammensetzung mit 12 bis 15% Reinkaligehalt fort.

Im vorstehenden wurden die wichtigsten Forschungsergebnisse über die deutschen Zechsteinsalze mitgeteilt. Einige Zeilen sollen noch den übrigen Kalisalzvorkommen gewidmet werden, die bisher bekannt geworden sind, nämlich folgende:

1. Kalisalzvorkommen im Perm des westlichen Uralvorlandes.
2. Kalisalzvorkommen im Perm von Nordamerika (Neumexiko und Texas).
3. Kalisalzvorkommen im Tertiär der oberrheinischen Tiefebene.
4. Kalisalzvorkommen im Tertiär von Ostgalizien.
5. Kalisalzvorkommen im Tertiär von Spanien.
6. Kalisalzvorkommen im Quartär von Abessynien.
7. Kalisalzlösungen im Toten Meer.

Der russische Staat hat in den letzten Jahren eine Reihe von Tiefbohrungen in der Gegend von Solikamsk (Stromgebiet der Kama) ausgeführt, die zum Nachweis bedeutender Kalisalzlager geführt haben. In Tiefen von 70 bis 250 m kommen innerhalb eines mächtigen Steinsalzlagers vor:

a) ein oberer Sylvinithorizont mit mehreren Flözen von 5 bis 10 m Gesamtmächtigkeit und 14% Reinkaligehalt;

b) ein mittlerer Karnallitgesteinshorizont von 20 bis 40 m Mächtigkeit und 5 bis 11% Reinkaligehalt;

c) ein unterer Sylvinithorizont mit 13 bis 15 m Mächtigkeit der bauwürdigen Flöze und 8 bis 22% Reinkaligehalt.

Es handelt sich um kieseritfreie Salze. Ihrer Beschaffenheit nach scheinen sie nicht ganz den Durchschnitt der deutschen Vorkommen zu erreichen. Die Vorräte sind sehr groß.

Die bergmännische Erschließung durch Schächte ist bisher aus Mangel an Kapital unterblieben. Wegen der ungünstigen Frachtlage hat dieses an sich bauwürdige Vorkommen für den Weltmarkt keine Bedeutung.

Im westlichen Texas und in Neumexiko ist ein Steinsalzvorkommen weit verbreitet, in dem sich Polyhalitflöze von höchstens 2 m Mächtigkeit in großer Zahl finden. Zuweilen werden sie von dünnen Karnallitbänkchen begleitet. Die Lagerstätte ist durch mehr als 100 Bohrungen nachgewiesen, die unter dem Salz ein Erdölvorkommen erschlossen haben. Die Bauwürdigkeit dieser Kalisalze ist sehr fraglich. Mit der bergmännischen Erschließung hat man noch nicht begonnen.

Im Mitteloligozän der oberrheinischen Tiefebene ist bei Mülhausen im Elsaß ein Kalisalzvorkommen durch 15 Schächte erschlossen worden. Innerhalb einer Wechsellagerung von Mergeln mit Steinsalz kommen zwei Kalisalzlager von 4,5 und 0,9 m Mächtigkeit vor, die sich durch einen ziemlich hohen Reinkaligehalt auszeichnen. Es handelt sich um ein sehr wertvolles Vorkommen. Es erstreckt sich bis auf die badische Seite des Rheintales hinüber. Hier ist neuerdings eine Doppelschachtanlage entstanden.

Im Miozän des Karpathenvorlandes kommen bei Stebnik und Kalusz Kainit- und Sylvinitflöze innerhalb einer Salzlagerstätte vor. Die Erzeugung der beiden Bergwerke, die den polnischen Bedarf noch nicht ganz decken können, entspricht der Förderung eines kleinen deutschen Kaliwerks.

Im Oligozän des südlichen Pyrenäenvorlandes kommen innerhalb einer Salzlagerstätte Sylvinite und Karnallitgesteine vor. Ein Kalibergwerk bei Suria ist kürzlich in Betrieb genommen worden.

In Abessynien kommt innerhalb des erythräischen Grabens ein zutage anstehendes Steinsalzlager vor, auf dessen Oberfläche sich an einer Stelle in der Nähe des Monte Dolol auch Kalisalze (Sylvin) in bescheidener Menge vorfinden. Von einigen Probeverschiffungen abgesehen, hat sich bisher keine Gewinnung wegen der Ungunst des Klimas und der Frachtlage entwickeln können.

Das Tote Meer in Palästina enthält eine gesättigte Salzlösung mit 8,5% NaCl, 9,1% $MgCl_2$, 3,5% $CaCl_2$ und 2,4% KCl. Zur Zeit (1927) haben die führenden Firmen der englischen chemischen Industrie eine Konzession zur Ausbeutung des Seewassers erhalten. Nach Ansicht deutscher Fachleute werden die Selbstkosten bei der technisch durchaus möglichen Herstellung von Kalisalzen aus verschiedenen Gründen so hoch ausfallen, daß ein Wettbewerb auf dem Weltmarkt nicht in Frage kommt.

Das Naturmonopol für Kalisalze, das Deutschland bis 1918 innehatte, ist infolge des unglücklichen Ausganges des Weltkrieges verloren gegangen. Zur Zeit ist jedoch eine Verständigung zwischen der deutschen und der französischen Kaliindustrie über die Belieferung des Weltmarktes erreicht worden. Die übrigen Kalierzeuger spielen vorläufig noch keine nennenswerte Rolle.

Die gasvolumetrische Bestimmung des Stickstoffes im Ammoniak, im Harnstoff und in Ammonsalzen.

Von Prof. Dr. P. Rischbieth in Hamburg.

Auf die Frage: „Wieviel ccm Stickstoff sind in 100 ccm Ammoniak enthalten?“, pflegt man im Unterricht recht verschiedene Antworten zu erhalten. Die einen antworten 25 und denken an die 4 Atome im Ammoniak, von denen der Stickstoff eines ist, andere meinen 33 1/3, wobei sie sich des bekannten Versuches von A. W. Hofmann erinnern, bei dem durch 100 ccm Chlor aus überschüssigem Ammoniak 33 1/3 ccm Stickstoff freigemacht werden. Wieder andere, sich der Zersetzungsgleichung

$$2\ NH_3 = N_2 + 3\ H_2 \quad \text{oder der Verbrennungsgleichung}$$
$$4\ NH_3 + 3\ O_2 = 2\ N_2 + 6\ H_2O$$

klar bewußt werdend, geben die richtige Antwort 50.

Es dürfte daher ein Versuch erwünscht sein, der diese Antwort bestätigt. Nach Überwindung einiger Schwierigkeiten gelang es, zum Ziel zu kommen, wenn man wie folgt verfährt:

In eine trockene 100-ccm-Glasbürette leitet man aus starker wässeriger Lösung durch Erwärmen entwickeltes Ammoniakgas, das durch eine Röhre mit Kaliumhydratstücken getrocknet war. In wenigen Augenblicken ist die Bürette mit dem Gase angefüllt. Man schließt noch während der Entwicklung zuerst den unteren und sofort hinterher den oberen Hahn der Bürette und entfernt den Überdruck, indem man den unteren Hahn für einen Moment öffnet. Nun bringt man 4 ccm $n/_1$-Salzsäure mit etwas Wasser verdünnt in den Trichteraufsatz der Bürette und läßt diese durch vorsichtiges Öffnen des Hahnes in die Bürette fließen. Danach läßt man etwa 20 ccm konzentrierte Bromnatronlauge nachströmen, die man unter Eiskühlung durch Lösen von 5 bis 6 g Brom in starker Natronlauge herstellt. Unter starkem Aufschäumen der Flüssigkeit an der Bürette wird der Stickstoff frei. Man schüttelt kräftig und läßt aus dem Trichteraufsatz Wasser nachströmen, das sich bei geöffnetem Hahn auf den Teilstrich 50 einstellt. Um den Überdruck des Wassers zu entfernen, läßt man unten aus der Bürette so viel Wasser austreten, bis der Trichteraufsatz fast leer geworden ist. Der Stickstoff steht nunmehr unter Atmosphärendruck. Drückt man nach Auflegen eines Uhrglases auf den Trichteraufsatz den Stickstoff in diesen mit Hilfe des Niveaurohres hinein, so erlischt ein brennendes Zündholz in dem Gase sofort[1].

Die angedeuteten anfänglichen Schwierigkeiten entstanden bei der Einwirkung von Bromnatronlauge auf freies Ammonsalz. Hierbei wird nur ein Teil des Ammoniakstickstoffs — etwa 12 bis 20 ccm — in Freiheit gesetzt. Da sich bei dem ähnlichen Vorgange der Einwirkung von Chlorkalklösung auf Ammoniak das heute im großen Maße hergestellte Chloramin bildet, so darf man wohl annehmen, daß sich in unserem Falle Bromamin in größerer Menge gebildet hat.

Bei dieser Gelegenheit möge erwähnt werden, daß sich durch Bromnatronlauge aus Harnstoff der Stickstoff nicht vollständig in elementarer Form freimachen läßt. Es hat sich gezeigt, daß der Vorgang ein recht verwickelter ist. Will man den Harnstoff auf diese Weise quantitativ bestimmen, so muß man den gemessenen Stickstoff mit einem empirischen Faktor multiplizieren, der um 1,1 herum liegt. Der Versuch wird im Anhängefläschchen der Gasbürette ausgeführt. Die Bestimmung des Stickstoffs im Harn ist — auf diese Weise ausgeführt —, ebenso einfach wie lehrreich, da der Schüler den im Stoffwechsel des Menschen als Harnstoff ausgeschiedenen

[1] Siehe auch Friedrich C. G. Müller in dieser Zeitschrift **33**, S. 217 f. und Verfasser in dieser Zeitschrift **35**, S. 134 f.

Stickstoff in Gasform vor sich sieht und leicht errechnen kann, um welch große Mengen es sich dabei in 24 Stunden handelt.

Beispiel 1. 0,066 g Harnstoff, in Wasser gelöst, entwickelten im Anhängefläschchen der Gasbürette

22,7 ccm Stickstoff 13°/772 mm feucht
auf 0°/760 mm red. 21,75 ccm Stickstoff.

Nach der Gleichung $CON_2H_4 + 3\,O = CO_2 + 2\,H_2O + N_2$
60 g 22400 ccm
entsprechen daher 21,75 ccm Stickstoff
$x : 21{,}75 = 60 : 22\,400$
$x = 0{,}0583$ g Harnstoff.

Der Faktor ist also $F = \frac{0{,}066}{0{,}0583} = 1{,}14$.

Beispiel 2. 5 ccm menschlicher Harn, im Anhängefläschchen mit überschüssiger Bromnatronlauge kräftig geschüttelt, gab

37,2 ccm Stickstoff 13°/772 mm feucht.
Auf 0°/760 mm reduziert 35,6 ccm
Mit 1,14 multipliziert 40,6 ccm.

Nach obiger Gleichung auf Harnstoff berechnet $\frac{60 \cdot 40{,}6}{22\,400} = 0{,}1087$ g Harnstoff.
Auf 1500 ccm Urin in 24 Stunden berechnet $300 \cdot 0{,}1087 = 32{,}61$ g Harnstoff.
$= 15{,}22$ g Stickstoff.
$= 12176$ ccm „ 0°/760 mm.

Beispiel 3. 1/1000 Mol. = 0,132 Ammonsulfat gaben, mit Bromnatronlauge im Anhängefläschchen der Bürette geschüttelt

$v = 24{,}6$ ccm Stickstoff 18,5°/756,5 mm feucht.
Auf 0°/760 mm reduziert $v_0 = 22{,}33$ ccm „
Reinheit $\frac{22{,}33}{22{,}4} = 99{,}7\,\%$.

Das Ammonsulfat war einmal umkristallisiert, was nötig ist. Der Versuch erweist, daß aus Ammonsalzen der Stickstoff quantitativ in elementarer Form abgeschieden wird, und daß die gasvolumetrische Methode schnell und doch sehr genau arbeitet.

Kleine Mitteilungen.

Historische Sonnenfinsternisse.

Von Prof. Dr. F. Koerber in Berlin-Lichterfelde.

Daß die so auffallenden und dabei seltenen Erscheinungen totaler oder fast totaler Sonnenfinsternisse von jeher die Aufmerksamkeit der Erdbewohner erregten, zumal sie bei allen Völkern eng mit phantastischen Vorstellungen über deren unheildrohende Ursache verknüpft wurden, ist nicht verwunderlich. Es ist daher auch begreiflich, daß in den auf uns gekommenen Aufzeichnungen aus früherer Zeit Meldungen über stattgehabte Finsternisse, wenn auch vielfach in mystischen, unklaren Ausdrücken, sich oft genug finden. Da die Astronomen nun die Finsternisse mit verhältnismäßig geringer Mühe genau zu berechnen vermögen, lag es nahe, literarische Hinweise auf Finsternisse vergangener Zeiten zur chronologischen Festlegung bestimmter Epochen zu verwenden. Es stellen sich dieser historischen Ausnutzung überlieferter Nachrichten über Finsternisse indessen zwei Hindernisse in den Weg, die um so schwerer wiegen, je älter die betreffenden Nachrichten sind. Erstens ist nämlich die Bewegung des Mondes, obgleich er der uns nächste Himmelskörper ist, bis vor kurzem noch nicht

genügend genau bekannt gewesen, um die Eintritte von Neumond und Vollmond (Syzygien) bis auf weit zurückliegende Daten mit hinreichender Genauigkeit angeben zu können, zweitens fehlen namentlich bei sehr frühen Berichten oft die genauen Angaben über die näheren Umstände und den Ort der Beobachtung.

Nachdem Laplace und später vor allem Hansen alle störenden Einwirkungen der Planeten auf die Bewegungen unseres Trabanten genau in Rechnung gestellt hatten, gelang es wohl dem letzteren, recht befriedigende „Mondtafeln“ für die Vorausberechnung des Mondlaufes für die nächste Zukunft zu gewinnen, allein es bleiben immer noch kleine Abweichungen übrig, die man sich durch Gravitationswirkungen nicht erklären kann und die auch der stärkste Theoretiker der neuesten Zeit, Newcomb, nicht aufzuklären vermochte. Es macht sich in der Bewegung des Mondes eine als „säkulare Beschleunigung“ bezeichnete Veränderlichkeit der Bahngeschwindigkeit bemerkbar, deren Betrag theoretisch nach Adams und Delaunay etwa 6″ betragen sollte, in Wahrheit aber nach Hansen empirisch etwa doppelt so groß ist. Über die Ursache dieser Abweichung haben Ferrel, Delaunay, v. Oppolzer und neuestens Schoch Vermutungen ausgesprochen. Es scheint am wahrscheinlichsten, daß in der durch die Gezeiten verursachten Verlangsamung der Erdrotation die Erklärung des Rätsels liegt, daß also der bisher unerklärte Teil der Mondbeschleunigung nur scheinbar ist und auf einer Veränderung unseres Zeitmaßes beruht. Nach Schoch, der übrigens kürzlich die säkulare Beschleunigung durch Bearbeitung der von Ptolemaeus beobachteten Sternbedeckungen zu 11,09″ im Jahrhundert bestimmt hat, genügt zur Erklärung dieses Betrages die Annahme, daß sich der Erdentag nach 52000 Jahren nur um eine einzige Sekunde verlängert!

Auch Nachrichten über Sonnenfinsternisse, die in früherer Zeit mit Sicherheit an bestimmten Orten beobachtet wurden, können dazu dienen, den Betrag der wirklichen Mondakzeleration genauer zu bestimmen. So geht z. B. die Totalitätszone der im Jahre 29 n. Chr. in Nizäa und Bithynien beobachteten Sonnenfinsternis bei Berechnung nach den Hansenschen Mondtafeln zwar durch Kleinasien, aber nicht über Bithynien und Nizäa. Auf Grund veränderter Annahmen über die Akzeleration kann man aber den Verlauf der Totalitätszone so lange variieren, bis er jene Gegenden, wo die Finsternis sicher gesehen wurde, einschließt.

Erst nachdem so durch Heranziehung möglichst alter, aber gesicherter Beobachtungen die Bewegung des Mondes mit hinreichender Genauigkeit festgestellt ist, können überlieferte Nachrichten über Finsterniswahrnehmungen für die Geschichtswissenschaft zur zeitlichen Festlegung bestimmter Epochen ausgenutzt werden. Die größten Verdienste um die Förderung und Erleichterung dieser Art historischer Forschung haben sich in den letzten Jahrzehnten v. Oppolzer, Ginzel, Schram und Schoch erworben. v. Oppolzer veröffentlichte 1881 Syzygientafeln und 1887 den berühmten Canon der Finsternisse, in dem auf 160 Karten die näherungsweise errechneten Zentralitätszonen aller zentralen, auf der nördlichen Halbkugel sichtbaren Sonnenfinsternisse zwischen 1208 v. Chr. und 2161 n. Chr. verzeichnet und Details angegeben sind, nach denen man jede einzelne Finsternis mit den korrigierten Mondtafeln genau berechnen kann. — Ginzel gab dann 1899 unter Benutzung des von ihm gewonnenen Wertes von 11,47″ für die Mondbeschleunigung im Jahrhundert einen „speziellen“ Kanon der Sonnen- und Mond-Finsternisse für das Ländergebiet des klassischen Altertums und die Zeit zwischen −900 und +600 heraus, dem 1918 noch „Beiträge zur Kenntnis der historischen Sonnenfinsternisse“ folgten. Von Wert sind ganz besonders die 1908 erschienenen „Kalendariographischen und chronologischen Tafeln“ von Schram und die bis in die jüngste Zeit fortgesetzten Forschungen von Schoch auf dem gleichen Gebiete. Schoch hat kürzlich mit neu gewonnenen und für Altertum, Mittelalter und Neuzeit gleich gut stimmenden Mond- und Sonnen-Elementen eine verbesserte Zyklen- und Perioden-Tafel an Stelle der in Schrams „Tafeln zur Berechnung näherer Umstände der Sonnenfinsternisse“ enthaltenen im Sirius (Dezemberheft von 1926) veröffentlicht, so

daß man nun mit Sicherheit und schnell größere Zeiträume auch sehr früher Zeit (etwa —2000 bis —1000) nach Finsternissen durchsuchen kann. Für die Erforschung babylonischer Finsternisse ist wichtig das Werk von KUGLER „Sternkunde und Sterndienst in Babel". Die Bearbeitung der zahlreichen, im British Museum noch der Entzifferung harrenden Tontäfelchen aus Babylon, um die sich besonders FOTHERINGHAM verdient macht, wird noch manche wertvolle Finsternisbeobachtung aus ältester Zeit ans Licht ziehen.

Wir stellen im folgenden die wichtigsten Finsternisse des Altertums, deren Daten bis jetzt feststehen, zusammen. Die Jahreszahl ist dabei astronomisch angegeben, so daß wegen der von Astronomen geübten Einschaltung des Jahres 0 zwischen —1 und +1 jede Jahreszahl vor Christi Geburt um 1 niedriger ist als die von Historikern benutzte Zählung, also beispielsweise —1856 = 1857 v. Chr.

Datum	Ort der Beobachtung	Beobachter bzw. Berichterstatter. Bemerkungen
—1334, 13. 3.	Boghazkoi (Kleinasien)	Mursilis, Forrer
—1177, 16. 4.	Ithaka (Leukas). Am Tage der Heimkehr des Odysseus	Homer, Odyssee XX, 351—362
— 830, 15. 8.	Jerusalem	Amos, Kap. 8, V. 9
— 762, 15. 6.	Ninive	Eponym
— 660, 27. 6.	Ninive oder Susa	Unter Assurhanipal, berechnet von R. Schwarz
— 647, 6. 4.	Paros	Archilochos
— 584, 28. 5.	Tatta-See und Smyrna	Von Thales vorhergesagt. Auch von Mimnermos in Smyrna beobachtet
— 556, 19. 5.	Himera auf Sizilien und Hermione in Argolis	Stesichorus und Kydias
— 462, 30. 4.	Theben	Pindar
— 309, 15. 8.	Nahe Tauromenium, nördlich von Syracus	Agathokles
— 128, 20. 11.	Chersonesos	Hipparch
+ 29, 24. 11.	Nizäa	—
+ 71, 20. 3.	Chäronea und Delphi	Plutarch

Im einzelnen ist hierzu noch folgendes zu bemerken: Die homerische Finsternis von —1177 wird von DÖRPFELD angezweifelt, da die betreffende Homerstelle zu undeutlich ist. SCHOCH weist auch darauf hin, daß nach Odyssee XVIII, 366 die Heimkehr des Odysseus im Winter, nicht im April stattfand. Wäre die Finsternisannahme richtig, dann würde der trojanische Krieg in die Zeit von etwa 1197 bis 1187 zu setzen sein. — Die Thales-Finsternis von —584 wurde nach Herodot auch von den am Tatta-See kämpfenden Heeren der Lyder und Meder beobachtet und bezeichnet das Ende des Krieges dieser Völker. — Die Totalitätszone der Agathokles-Finsternis ging nach SCHOCH nur über den nördlichen Teil von Sizilien, so daß der Feldherr nicht südlich, sondern nördlich um die Insel gefahren sein muß, um die Karthager im eigenen Lande anzugreifen.

Die in den Evangelien bei dem Bericht über Christi Kreuzigung gemeldete Finsternis kann schon um deswillen nicht als Sonnenfinsternis aufgefaßt werden, weil sie drei Stunden lang gedauert haben soll, und weil das jüdische Passah bekanntlich zur Vollmondszeit gefeiert wurde. Wenn ein Maler, wie Steinhausen es tut, auf einem den Gekreuzigten darstellenden Gemälde links vom Kreuz die Mondsichel und rechts davon die verfinsterte Sonne mit der Korona zeigt, so ist dies ein Schulbeispiel für die astronomischen Schnitzer, die sich Künstler so gern leisten. Mit einer berechenbaren Sonnenfinsternis läßt sich der für die Christenheit so wichtige Tag nicht in Zusammenhang bringen, und seine genaue Datierung bleibt daher unsicher.

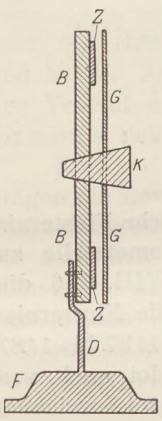
Reich an gutem und für die Geschichtsforschung verwertbarem Beobachtungsmaterial sind die Aufzeichnungen mittelalterlicher Klöster. Aus diesen sind namentlich von Ginzel eine ganze Reihe von sicheren Daten festgelegt worden. So finden sich z. B. über die Finsternis vom 2. 8. 1133 nicht weniger als 80 Klosternotierungen. Die von Glykas und Cedrenus erwähnte, in den ersten Jahren der Regierung Leos des Weisen stattgehabte Finsternis fällt auf den 8. 8. 891, wodurch andere, in dem gleichen Jahre erfolgte Ereignisse zeitlich bestimmt sind.

Die von römischen Schriftstellern (Cicero, Livius) erwähnten Finsternisse geben der astronomischen Behandlung leider zu wenig Anhaltspunkte, um sie mit Sicherheit bestimmen zu können. Wenn sonach auch die historische Ausbeute der Berichte über ehemalige Finsternisse bis jetzt keine sehr bedeutende ist, so muß doch zugestanden werden, daß durch die Berichte über Finsternisse die Bewegung des Mondes mit solcher Genauigkeit hat bestimmt werden können, daß nunmehr bis in weit zurückliegende Zeiten alle Finsternisse sich genau berechnen lassen. Die in den babylonischen Tontäfelchen niedergelegten Urkunden bieten der weiteren Erforschung des grauen Altertums auch auf Grund von Finsternis-Erwähnungen noch ein weites Arbeitsfeld für die Zukunft.

Die Demonstration des Stäbchensehens.

Von Professor **H. J. Reiff** in Stuttgart.

Bei der Besprechung des menschlichen Auges zeigt man im Unterricht entweder ein „Augenmodell“ oder ein Lichtbild, in dem die einzelnen Teile des menschlichen Sehorgans dargestellt sind. Der Aufbau der Netzhaut wird dabei gewöhnlich durch ein besonderes Bild, einen Netzhautschnitt, verdeutlicht, auf dem die Stäbchen und Zäpfchen erkennbar sind, deren Wirkungsweise als farbenblinder Dunkelapparat und farbenempfindlicher Hellaparat (nach v. Kries, 1894) bei dieser Gelegenheit erwähnt wird.



Dabei findet in der Regel die Beobachtung von H. F. Weber (1887) über die „Grauglut“ eines Glühlampenkohlefadens Erwähnung, der bei 400 Grad „düsternebelgraues“ oder „gespenstergraues“ Licht aussendet. Die Erklärung dieser Erscheinung, besonders des gespensterhaften Hin- und Herhuschens des grauen Lichtes, das nur die peripher auf der Netzhaut in genügender Zahl vorhandenen Stäbchen, aber nicht die in der Netzhautgrube, d. h. an der Stelle des direkten Sehens (Fixierens) angeordneten Zäpfchen wahrnehmen, gab Lummer (1897).

Diese interessante Erklärung läßt sich leicht einem großen Zuhörerkreis durch einen einfachen Versuch erläutern. Die von mir dabei benutzte Einrichtung besteht im wesentlichen aus zwei der bekannten Weckeruhrzifferblätter mit leuchtenden „Radium“zahlen, jedes auf einem kleinen Stativ; vor die Zifferblätter können kleine farbige Gelatinetafeln gebracht werden. Die Abbildung zeigt die Anordnung eines solchen Zifferblattes mit Zubehör.

Der Eisenfuß F trägt den Draht D, an den das Zifferblatt $B\,B$ mit seiner Rückseite angenietet ist. $Z\,Z$ stellen die „Radium“zahlen der Zifferblattvorderseite dar. In die Zeigerbohrung des Zifferblattes kann ein Konus K (z. B. ein Korkstopfen) mit der ein- oder mehrfarbigen Gelatinetafel $G\,G$ gesteckt werden.

Der Versuch wird nun in folgender Art ausgeführt. Auf dem Experimentiertisch werden die beiden Zifferblätter — ohne die Gelatinetafel — mit der Leuchtseite gegen die Hörer in solcher gegenseitigen Entfernung aufgestellt, daß die Augen der Beobachter beide Blätter nicht gleichzeitig fixieren können, also zum scharfen Betrachten derselben vom einen zum andern wandern müssen.

Im verdunkelten Hörsaal leuchten die Blätter schwach, und man fordert die Zuhörer auf zu entscheiden, welches der beiden Zifferblätter das hellere sei.

Jetzt lassen die Hörer ihre Augen von einem der Zifferblätter zum andern schweifen, und es fällt — ohne daß man vorher darauf aufmerksam macht — sofort allen auf, daß jedes Zifferblatt heller erscheint, sobald sich der Blick zum — andern wendet!

Die peripher auf der Netzhaut angeordneten, für Hell-Dunkel-Unterscheidung stark empfindlichen Stäbchen sehen das Bild der Zifferblätter heller als die weniger empfindlichen, in der Grube vorhandenen Zäpfchen; das fixierte, d. h. in der Netzhautgrube entworfene Bild wird demnach dunkler, das peripher abgebildete Zifferblatt (an dem ich „vorbeisehe") heller empfunden.

Setzt man jetzt mit Hilfe des Konus K die farbige Gelatinetafel $G\,G$ vor die Zifferblätter und wiederholt den Versuch, so ist das fixierte, d. h. auf den farbenempfindlichen Zapfen der Netzhautgrube entworfene Bild des Zifferblattes farbig und wenig hell, das nicht fixierte, peripher auf den farbenblinden Stäbchen abgebildete viel heller, aber farblos!

Die Versuche gelingen, auch bei ganz ungeschulten Beobachtern, überraschend gut; die Vorrichtungen dazu (D.R.G.M.) liefert das optische Institut von Dr. Steeg und Reuter in Bad Homburg v. d. H.

Die „Melodische Elektronenröhre".
Ein leicht regulierbarer Erzeuger von Hörfrequenzschwingungen.

Von **Domenico Mazzotto** in Modena (Italien).

Auf S. 24 des 40. Jahrgangs dieser Zeitschrift ist eine Mitteilung von P. HANCK veröffentlicht unter dem Titel „Die Elektronenröhre als Erzeuger von Hörfrequenz-Schwingungen", worin eine geistreiche Anordnung beschrieben wird, die gestattet, die ersten 5 Noten der Tonleiter mit Hilfe einer Klaviatur ertönen zu lassen, und zwar in dem Schwingungskreis einer Elektronenröhre mit abgestimmten Kondensatoren, um die besagten Töne zu erzeugen.

Ich möchte nun eine ähnliche Anordnung bekanntgeben, die von mir am 8. März 1924 in der R. Accademia di Scienze lettere ed Arti in Modena mitgeteilt (veröffentlicht in Band I Serie IV der Memorie dieser selben Akademie) und melodische Elektronenröhre benannt wurde, und bei welcher man mit noch viel einfacheren Mitteln als den von P. HANCK angewandten die halbtonige Tonleiter über einen Bereich von zwei weiteren Oktaven erzeugt, wodurch man in der Lage ist, ein beliebiges Motiv mit derselben Leichtigkeit wiederzugeben, mit welcher man es auf der Tastatur eines Klaviers spielen würde.

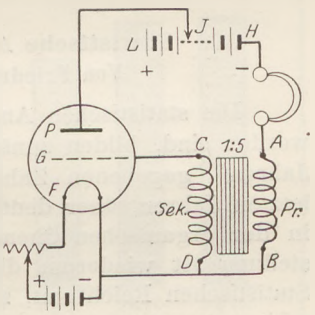


Fig. 1.

Fig. 1 zeigt die von mir angewandte Schaltung, die von der HANCKschen nur durch die Fortlassung der Kondensatoren abweicht. Der Transformator (Verhältnis 1 : 5) hat einen Eisenkern, wie dies auch der von HANCK gebrauchte zu haben scheint, obgleich in der Figur der Kern nicht ersichtlich ist.

Um die verschiedenen Töne zu erhalten, genügt es, die Anodenspannung zu verändern, indem man den Kontakt J längs den Polen der Anoden-Batterie H-L verschiebt, welche aus einer Serie von 15 Taschenbatterien (von je 3 Elementen) gebildet sein kann mit einem Stecker an jedem Element, um leichter Teilspannungen zu erzeugen.

Es genügt, den Kontakt J von einem Knopf der Batterie zum andern gleiten zu lassen, um die Töne in Intervallen, die kleiner als ein halber Ton sind, sich

folgen zu hören, indem man nun schrittweise in die Höhe geht, entsprechend der Verminderung der Anodenspannung.

Um ein Motiv bequem zu spielen, gebraucht man die sog. „feste Klaviatur", die aus metallischen Knöpfen besteht und wie die Tasten eines Klaviers in zwei Reihen angeordnet ist (Fig. 2). An jede dieser Tasten ist ein Draht H gelötet, der an dem freien Ende einen Stecker für die Batterieknöpfe trägt.

Man stimmt zuerst das Instrument, indem man den Stecker der einzelnen Tasten mit den Batterieknöpfen verbindet, die den den Tasten entsprechenden Ton angeben; dann nimmt man den Draht, der zu dem Stecker führt, in die Hand und schlägt im Takte die Tasten an, die den zu spielenden Motiven entsprechen.

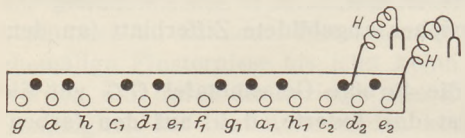


Fig. 2.

An Stelle der Taschenbatterie kann man eine beliebige Batterie benutzen, wie Trockenelemente oder Akkumulatoren von 60 Volt Spannung, deren äußere Enden zu einem Potentiometer (in Form eines Zick-Zackdrahtes) führen und welcher an jeder Windung einen metallischen Kontakt trägt, der denselben Dienst leistet und dabei eine weitergehende Unterteilung der ganzen Anodenspannung gestattet.

Ich habe ferner zwecks größerer Bequemlichkeit eine „federnde Klaviatur" konstruiert ähnlich wie die der Ziehharmonika, deren Tasten die Kontaktknöpfe der Anodenbatterie oder des Potentiometers mit dem Draht des Steckers in Verbindung setzen; mit dieser Klaviatur spielt man die Motive, indem man die Tasten in der gleichen Weise wie auf dem Klavier anschlägt.

Die akustische Wirkung ist sehr angenehm.

Aus den kürzlich von mir gemachten Studien scheint hervorzugehen, daß die Veränderungen des Tons von Veränderungen des inneren Widerstandes der Elektronenröhre abhängen, die wiederum durch Veränderungen der Spannung hervorgerufen werden.

Statistische Angaben 1926 für den chemischen Unterricht.

Von **Friedrich Hofmann** in Altenburg (Thür.), Oberrealschule.

Die statistischen Angaben, die hier meist für das Jahr 1926 zusammengestellt worden sind, bilden zunächst die Fortsetzung für die in den beiden vorhergehenden Jahren[1] gegebenen Zahlen. Ferner wird über die Weltzuckererzeugung in den letzten Jahren, über deutschen Teer und Bernstein, also über Gebiete des Unterrichts in der organischen Chemie berichtet. Als wertvollste Quelle für diese Zusammenstellung ist wiederum die Zeitschrift Wirtschaft und Statistik, herausgegeben vom Statistischen Reichsamt, zu nennen.

Kohle.

Steinkohle. Förderung wichtiger Länder 1926.

U. S. A	602	Millionen Tonnen	Belgien	52	Millionen Tonnen	
Großbritannien	128	„ „	Polen	35	„ „	
Deutschland[2]	145	„ „	Japan	29	„ „	
Frankreich	51	„ „	Saargebiet	14	„ „	

Die Weltförderung an Steinkohle wurde im Jahre 1926 beeinflußt durch den englischen Streik, der 6 Monate hindurch für dieses wichtige Land so gut wie keine Förderung brachte. Die Gesamtförderung an Steinkohle bewegte sich wohl auf derselben Höhe wie im Jahre 1925 mit rund 1200 Mill. t. Beachtlich ist die immer noch alljährlich steigende Kohlenförderung in den Niederlanden (1913 ~ 2 Mill. t;

[1] Vgl. diese Zeitschr. 39. Jahrg. S. 129—132 (1926) und 40. Jahrg. S. 81—85 (1927).

[2] Ohne Saargebiet.

1924 ~ 6 Mill. t; 1926 ~ 8,5 Mill. t). Für Deutschland brachte das I. Halbjahr 1927 sogar eine Steigerung auf 76 Mill. t. Im Jahre 1927 ist für Deutschland ohne Saargebiet bestimmt mit einer Förderung von mehr als 150 Mill. t Steinkohle zu rechnen gegenüber 1913, jetziges Gebiet, mit 141 Mill. t.

Die Braunkohlen-Förderung Deutschlands war im Jahre 1926 fast die gleiche wie 1925, nämlich 139 Mill. t (1913: 87 Mill. t).

1925, 1926 und I. Halbjahr 1927 Welterzeugung: Roheisen und Rohstahl.

	a) Roheisen				b) Rohstahl			
	in Millionen Tonnen (1 metr. Tonne = 1000 kg)			in Prozenten 1926	in Millionen Tonnen (1 metr. Tonne = 1000 kg)			in Prozenten 1926
	1925	1926	1. Halbjahr 1927		1925	1926	1 Halbjahr 1927	
Welt: Insgesamt	76,6	78,6	—	100	90,1	92,9	—	100
Davon								
Europa: Insgesamt. . . .	36,3	35,2	—	44,8	41,2	40,6	—	43,7
U.S.A.	37,3	40,1	19,7	51	46,1	49,2	24,0	53
Deutschland	10,1	9,6	6,4	12,2	12,0	12,3	7,9	13,2
Frankreich	8,5	9,4	4,6	11,9	7,4	8,4	4,1	9
Großbritannien	6,3	2,5	3,8	3,2	7,5	3,6	5,1	3,9
Belgien und Luxemburg .	4,9	5,9	3,2	7,5	4,5	5,5	3,0	5,9

Eisen und Stahl. Die Welterzeugung an Roheisen und Rohstahl zeigt 1926 nach der obenstehenden Tabelle eine Steigerung um 2,6 % bzw. 3,1 % gegen 1925. Auch hier erkennt man die Folgen des englischen Bergarbeiterstreiks. Dadurch verlieren aber die Zahlenangaben des Jahres 1926 an Bedeutung für die Gesamtentwicklung und Beurteilung. Deshalb sind in die Tabelle die Ergebnisse des 1. Halbjahres 1927 mit aufgenommen worden.

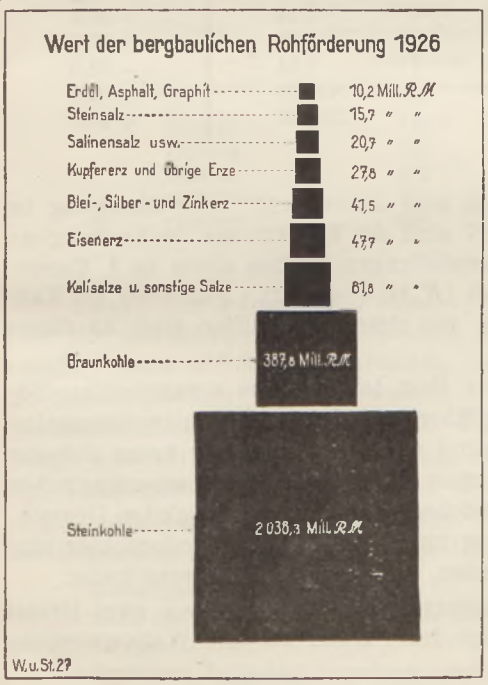


Fig. 1.

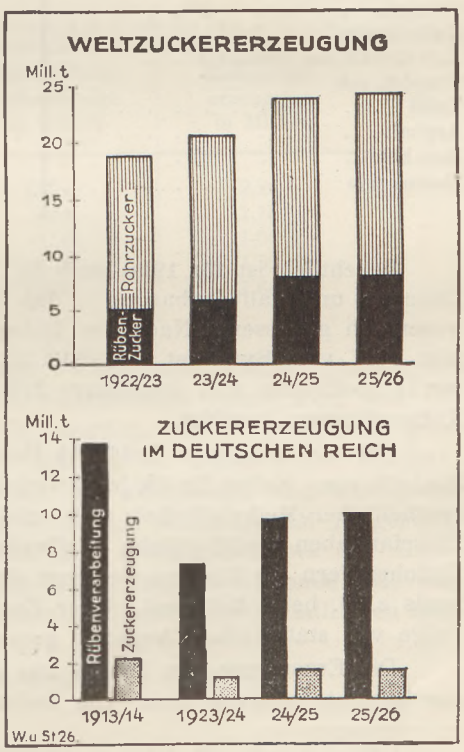


Fig. 2.

Aus „Wirtschaft und Statistik". herausgegeben vom Statistischen Reichsamt. Verlag Reimar Hobbing, Berlin SW 61.

Erdöl. Die Welterzeugung an Erdöl wird für das Jahr 1926 auf 150,9 Mill. t geschätzt (1925: 148,8 Mill. t). Die Länder Venezuela mit 5,3 Mill. t, Rußland mit 8,8 Mill. t und Rumänien mit 3,2 Mill. t haben 1926 ihre Ausbeute kräftig gesteigert, während Mexiko nur noch 13,5 Mill. t Rohöl im Jahre 1926 gewinnen konnte[1]. Der Anteil Deutschlands ist gegen 1925 um 20% auf 95000 t Rohöl gestiegen, macht jedoch nur 0,06% der Weltgewinnung aus.

Deutscher Bergbau 1926. Durch das Schaubild (Fig. 1) wird der Wert der bergbaulichen Rohförderung 1926 dargestellt. Trotz erheblicher Preisrückgänge stieg im Jahre 1926 der Wert der Förderung im deutschen Bergbau auf 2,7 Milliarden RM (1925: 2,5 Milliarden RM). Mengenmäßig gibt die folgende Tabelle Aufschluß; auch die Zahlen für Kohle und Erdöl sind nochmals aufgeführt.

Bergbau Deutschlands 1913 und 1926[1].

Roherze und Salze	In 1000 t (1 t = 1000 kg)		Zu- (+) bezw. Abnahme (—) 1926 in Prozenten von 1913
	1913 jetziges Gebiet	1926	
Eisenerz, roh	7 300	4 800	— 34,4
Eisenerz, roh, Fe-Gehalt	2 350	1 540	— 34,4
Blei-Silber-Zinkerz, roh	1 870	1 690	— 9,1
Blei-Silber-Zinkerz, roh, Zinkgehalt	120	104	— 13,3
Blei-Silber-Zinkerz, roh, Bleigehalt	62	54	— 12,2
Kupfererz, roh	948	932	— 1,6
Kupfererz, roh, Kupfergehalt	27	28	+ 3,9
Zinn-Kobalt usw., Erz, roh	34	21	— 40,0
Schwefelerz, roh	269	238	— 11,4
Schwefelerz, roh, Schwefelgehalt	95	99	+ 3,7
Salinen-(Siede-)Salz	570	480	— 15,8
Steinsalz	1 350	1 970	+ 45,8
Kalirohsalze	11 610	9 408	— 18,1
K_2O-Gehalt der Produkte	1 189	1 089	— 8,6
Graphit, roh	12	14	+ 18,6
Erdöl	71	95	+ 33,6
Asphalt	99	61	— 38,5
Steinkohle	141 000	145 000	+ 3,2
Braunkohle	87 000	139 000	+ 59,5

Beachtlich ist für 1926 auch im Vergleich zum Jahre 1925[2] der Rückgang im Eisenerz- und Kalibergbau. Für das Jahr 1927 sind die Verhältnisse im Kalibergbau wesentlich gebessert. Nach den bisherigen Feststellungen wurden allein im I. Vierteljahr 1927 vom Syndikat 5,38 Mill. dz Reinkali (K_2O) abgesetzt. Nur noch 66 Kaliwerke (Schächte) von insgesamt 228 Werken mit Beteiligungsziffer sind an dieser Kaligewinnung beteiligt.

Für die chemische Industrie Deutschlands liegt leider keine zusammenfassende Statistik vor. Selbst für die jetzt wichtigen Ausfuhrerzeugnisse: Ammoniumdüngesalze, synthetischer Methylalkohol, Heil- und Farbmittel u. a. werden leider keine sicheren Einzelangaben veröffentlicht. Teilweise kann man sich nur über die amerikanischen Einfuhrziffern ein Bild machen von dem erheblichen Umfang der Produktion Deutschlands z. B. beim Methanol. Über Zucker, Teer und Bernstein kann jedoch hier eine Folge von statistischen Angaben gemacht werden, die vielleicht Interesse findet.

Die Erzeugung von Zucker aus dem Zuckerrohr macht jetzt etwa zwei Drittel der Gesamterzeugung aus. Die Bedeutung der Insel Kuba für die Weltversorgung

[1] Diese Zeitschr. 40. Jahrg. S. 82 (1927).

[2] Vgl. diese Zeitschr. 40. Jahrg. S. 84 (1927).

mit Zucker ist beachtenswert. 1913/14 war Deutschland[1] mit 2,71 Mill. t Rohzuckererzeugung neben Kuba mit 2,56 Mill. t das wichtigste Zuckergebiet. Fig. 2 gibt die Zahlenangaben der beiden Tabellen bis 1925/26 bildlich wieder.

Weltzuckererzeugung 1922/23, 1923/24, 1924/25 und 1925/26[2].

Gebiet	1922/23	1923/24	1924/25	1925/26
a) Rübenzucker (in Mill. t).				
Europa: Insgesamt	4,58	5,08	7,12	7,47
Davon Deutschland	1,45	1,15	1,56	1,59
Tschechoslowakei	0,73	1,00	1,43	1,52
U.S.A.	0,70	0,90	1,06	0,81
Welt: Rübenzucker insgesamt	5,30	6,01	8,22	8,29
b) Rohrzucker (in Mill. t).				
Amerika: Insgesamt	6,37	6,91	8,24	8,56
Davon Kuba	3,70	4,18	5,27	4,90
Brasilien	0,76	0,80	0,81	0,65
Asien: Insgesamt	5,74	6,19	5,68	6,12
Davon Britisch-Indien	3,09	3,37	2,59	2,92
Java	0,81	1,80	2,00	2,28
Australien u. Polynesien (Hawaiische Inseln)	0,85	0,98	1,22	1,27
Afrika	0,56	0,55	0,56	0,68
Europa: Spanien	0,01	0,01	0,01	0,01
Welt: Rohrzucker insgesamt	13,53	14,64	15,71	15,99
Welt: Gesamtzuckererzeugung	18,83	20,65	23,94	24,29

Rohzuckererzeugung im deutschen Reich bis zum Jahre 1926/27.

Jahr	Anzahl der Zuckerfabriken überhaupt	Verarbeitete Rübenmenge in Mill. t	Rohzuckererzeugung in Mill. t
1913/14[3]	378[4]	13,76[3]	2,24[3]
1923/24	295	7,34	1,15
1924/25	292	9,76	1,56
1925/26	291	10,16	1,59
1926/27	280	10,66	1,66

Teer. Im Jahre 1925 wurden wie in der Vorkriegszeit wieder Erhebungen[5] über die deutschen Teerdestillationen angestellt. Braunkohle (auch Torf und Ölschiefer) kann auf Teer verarbeitet, „verschwelt" werden. In 11 Betrieben, meist im mitteldeutschen Braunkohlengebiet gelegen, wurden im Jahre 1925 129 000 t Braunkohlenrohteer im Werte von 9,2 Millionen RM verarbeitet und aus dieser Menge 110 000 t andere Erzeugnisse im Werte von 19,5 Millionen RM hergestellt. Das Hauptziel der Destillation ist die Ausbeute des Braunkohlenteers auf Heiz-, Treib-, Solar- und Paraffinöle (1925: 68 000 t im Werte von 8,2 Millionen RM) und die Gewinnung von reinem Paraffin (1925: 12 000 t im Werte von 7,6 Millionen RM).

[1] Damaliges Reichsgebiet.

[2] Nach den Angaben in Wirtschaft und Statistik, 6. Jahrg. S. 478 (1926).

[3] Jetziges Gebiet.

[4] Deutsches Zollgebiet damaligen Umfangs.

[5] Wirtschaft und Statistik 7. Jahrg. S. 174—178 (1927) und Statistisches Jahrbuch für Deutsches Reich 1927. S. 107.

Auch 3400 t Braunkohlenbenzin im Werte von fast 950 000 RM konnten 1925 gewonnen werden. Andere Teerprodukte geringwertiger Art machten 1925 mit 22 000 t etwa 20% der Erzeugung aus.

Nach Abschluß der Zusammenstellung ist das in Fig. 3 wiedergegebene Schaubild[1] erschienen. Es zeigt ohne weiteres die starke Zunahme, die im Jahre 1926 zu verzeichnen ist. Für 1926 seien

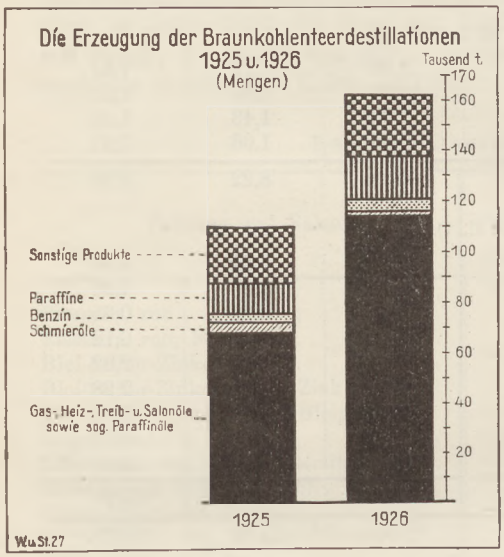


Fig. 3.

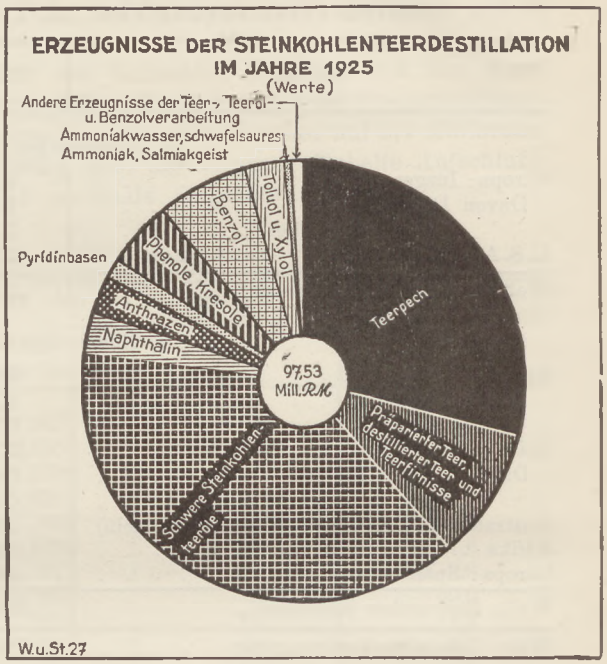


Fig. 4.

Aus „Wirtschaft und Statistik", herausgegeben vom Statistischen Reichsamt. Verlag Reimar Hobbing, Berlin SW 61.

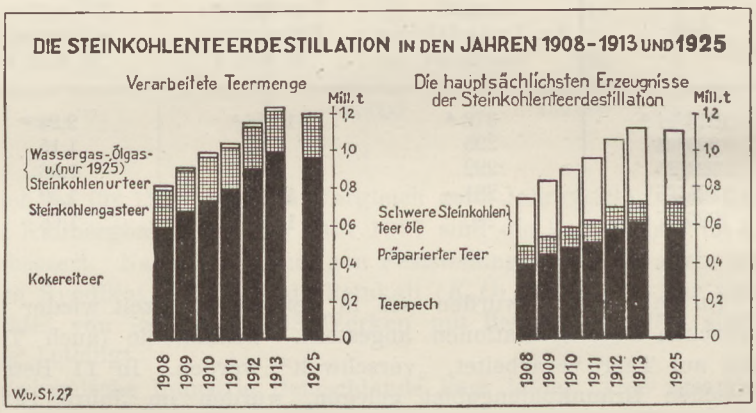


Fig. 5.

Aus „Wirtschaft und Statistik", herausgegeben vom Statistischen Reichsamt. Verlag Reimar Hobbing, Berlin SW 61.

folgende Zahlenangaben gebracht: Verarbeitete Rohteermenge 181 000 t; Erzeugnisse insgesamt 162 000 t, davon Paraffine 16 700 t, Benzin 4900 t und Gas-, Heiz-, Treib- u. s. w. Öle 115 000 t.

Größere Bedeutung für die chemische Industrie Deutschlands haben die 130 Betriebe, in denen 1925 fast ausschließlich Steinkohlenteer (80% aus Kokereien, 20% aus Gasanstalten) destilliert wurde. Rheinland, Westfalen und Oberschlesien sind

[1] Wirtschaft und Statistik, 7. Jahrg., S. 1002 (1927).

die Stützpunkte für diese Industrie. Die Zahlenangaben für Steinkohlenteererzeugnisse und die beiden Schaubilder (Fig. 4 und 5) berücksichtigen nur diejenigen Mengen, die in den Steinkohlenteerdestillationen gewonnen werden. Leichtsiedende Teerdestillate werden zum größten Teil bereits in den Kokereien und Gasanstalten gewonnen. So fielen z. B. im Jahre 1925 in den Kokereien 248 000 t, in den Gasanstalten 30 000 t Benzole an.

Steinkohlenteerdestillation Deutschlands im Jahre 1913 und 1925.

Verbrauch und Erzeugung	Menge in 1000 t		Wert in Mill. RM 1925
	1913	1925	
Verbrauch an Teer	1220	1200	56,5
Verbrauch an Halbfabrikaten	97	73	10,8
Erzeugnisse insgesamt	~ 1200	~ 1200	97,8
Davon			
Teerpech	610	580	28,3
Präparierter Teer, Teerfirnisse	107	130	9,5
Schwere Teeröle	400	400	37,3
Naphthalin roh und rein	50	41	3,1
Anthrazen (Reingehalt)	4,2	3,2	2,7
Pyridinbasen	—	0,36	1,3
Phenole und Kresole	7,3	10,6	5
Benzol	16	20	6,5
Toluol	2,0	2,2	0,9
Xylol u. ä.	5,3	6,6	2,0
Sonstige Erzeugnisse meist NH_3-haltig	20	21	1,2

Bernstein. Deutschland ist das einzige Land, das über Bernsteinlagerstätten (Samland) mit lohnenswerter Ausbeute verfügt und demgemäß den Weltmarkt zum großen Teil mit Rohbernstein versorgt[1]. Der Staat Preußen hat in seinen Bernsteinwerken eine Art Monopol. Seit 1923 wird besonders bei Palmnicken (Fig. 6) der Rohbernstein im Tagbaubetrieb gefördert. Für den Strandbernstein, von dem in den Jahren 1913—1925 insgesamt 400 t gefunden wurden, besteht gesetzliche Ablieferungspflicht. Im gleichen Zeitraum wurden jedoch insgesamt 3160 t sortierten Rohbernsteins gewonnen; denn die bergbauliche Förderung betrug z. B. 1913: 433 t; 1924: 442 t; 1925: 497 t Rohbernstein. Aus dem Rohbernstein wird, soweit er nicht unmittelbar für Schmucksachen, Isolierzwecke u. a. verarbeitet werden kann, Preßbernstein (Ambroid) hergestellt. Umfangreicher ist die Verarbeitung von Rohbernstein zu geschmolzenem Bernstein, der mit seinen Nebenprodukten — Bernsteinsäure und Bernsteinöl — in der Lack- und chemischen Industrie Abnahme findet. In den Jahren 1913—1925 wurden erzeugt: geschmolzener Bernstein 1572 t; Bernsteinöl 526 t; Bernsteinsäure 55 t. Der Wert der 21 t ausgeführten Rohbernsteins betrug im Jahre 1925 über 800 000 RM.

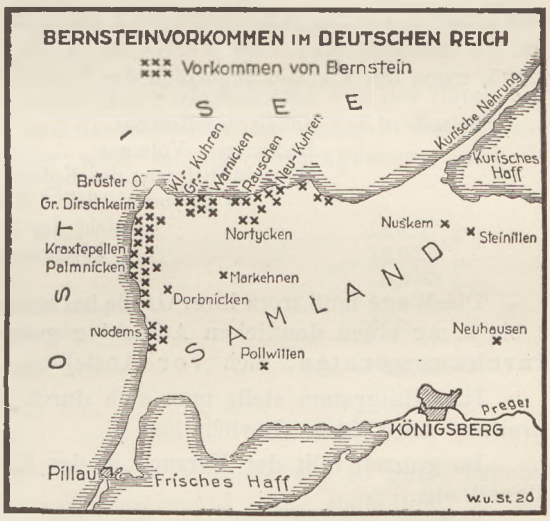


Fig. 6.

Aus „Wirtschaft und Statistik", herausgegeben vom Statistischen Reichsamt. Verlag Reimar Hobbing, Berlin SW 61.

[1] Wirtschaft und Statistik, 6. Jahrg. S. 172/173 (1926).

Das Litergewicht des Wasserstoffs.

Von Prof. Dr. **P. Rischbieth** in Hamburg.

1. Die wichtige Zahl 0,09 g für das Litergewicht des Wasserstoffs nach der gewöhnlichen Methode mit dem Literkolben in einer Unterrichtsstunde zu erhalten, ist unmöglich, aber auch eine Schülergruppe wird damit in einer Übungsdoppelstunde von etwa 90 bis 100 Minuten ihre liebe Not haben und sich in vielen Fällen mit dem Wert 0,1 g begnügen müssen. Man kann nun die Zeit erheblich verkürzen bzw. den erhaltenen Wert verbessern, wenn man die Wasserstrahlpumpe zu Hilfe nimmt. Freilich darf man wegen der geringen Wandstärke des Literkolbens nur wenig mehr als den halben Atmosphärendruck wegnehmen. Die Anordnung zeigt Fig. 1. Mit dem KIPPschen Wasserstoffgenerator ist eine kleine Calciumchloridröhre und ein gut wirkender Trockenapparat z. B. nach CLASSEN mit frischer konz. Schwefelsäure verbunden. Das kurze Schlauchstück, das den letzteren Apparat mit dem Literkolben verbindet, trägt den Schraubenquetschhahn *a*, während der Quetschhahn *b* den zur Pumpe führenden Schlauch abzuschließen gestattet. Zunächst wird *a* geschlossen, *b* geöffnet, die Pumpe angestellt, bis das Manometer etwa auf den Teilstrich 40 gekommen ist. Dann schließt man *b* und öffnet sehr vorsichtig *a*, so daß der Blasenstrom zwar schnell, aber nicht ungestüm, die Schwefelsäure passiert. Hat sich die Druckdifferenz ausgeglichen, so schließt man wieder *a* und öffnet *b*, bis das Manometer nach starkem Zurückgehen wieder auf 40 angekommen ist. Wiederholt man dies Verfahren 4 bis 5 mal, so erreicht man sicher den Wert 0,095, wenn der Kautschukstopfen des Literkolbens und die Schläuche neu und gut sind.

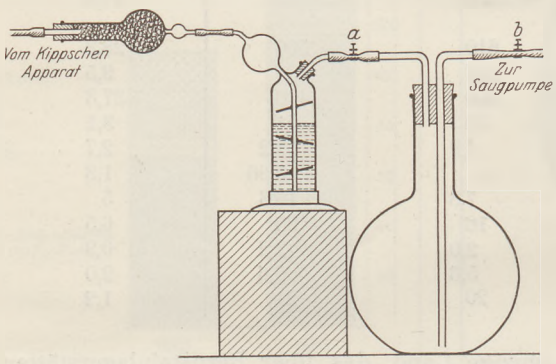


Fig. 1.

Beisp.: Inhalt des Kolbens . . . . . 1,0475 l — 16° 751 mm trocken
Reduziertes Volumen . . . . . 0,977 „
Gewichtsdifferenz des Kolbens . . 1,17 g
Es ist somit $0{,}977 \cdot 1{,}293 - 0{,}977\,x = 1{,}17$
Gewicht der Luft Gew. d. H_2
Litergewicht $x = 0{,}095$ g

Die Wage muß trotz ihrer Größe bei einer Belastung von etwa 200 bis 300 g durch 2 bis 3 mg einen deutlichen Ausschlag geben, sonst ist alle Mühe umsonst. Es ist durchaus geraten, sich vor Anstellung des Versuches hiervon zu überzeugen.

Die Milligramm stellt man sich durch Teile eines kleinen rechteckigen Papierstreifens von 0,01 g Gewicht her.

Im ganzen fällt der Versuch in der Hand von Schülergruppen häufig unbefriedigend aus.

2. Viel sicherer und schneller gelangt man zu einer guten Zahl, wenn man statt des Literkolbens eine kleine leichte Doppelhahnkugel von bekanntem Inhalt verwendet, bei deren Füllung man ebenfalls die Saugpumpe zu Hilfe nehmen kann. Die Wägungen macht man auf einer milligrammempfindlichen Kasten- oder der Analysenwage. Man leitet — wie oben — sorgfältig getrocknete Luft durch die zweckmäßig anfangs ein wenig erwärmte Kugel. Es wird hierdurch die Feuchtigkeitshaut auf dem Glase leichter entfernt. Nach der ersten Wägung leitet man von oben ebenso getrockneten Wasserstoff aus einem Kipp-Apparat durch die Kugel, mindestens während 10 bis 15 Minuten. Sodann wird abermals gewogen.

Beisp.:	1. Hahnkugel + Luft	28,416 g	15°/755 mm trocken
	2. Inhalt der Kugel	165,4 ccm	
	3. Reduziertes Volumen	155,9 „	
	4. Luftgewicht (155,9 · 0,001293) .	0,2016 ccm	
	5. Kugel (luftleeer) (1—4) . . .	28,2144 „	
	6. Kugel mit Wasserstoff . . .	28,229 „	
	7. Gewicht des Wasserstoffs (5—6)	0,0146 „	
	Litergewicht	$155{,}9 : 0{,}0146 = 1000 : x$	$x = 0{,}0936$
	oder	$1{,}293 : x = 0{,}2016 : 0{,}0146$	$x = 0{,}0936$

3. Schon seit einer Reihe von Jahren lasse ich das Wasserstofflitergewicht auch durch Messen des Wasserstoffs, der als Palladiumwasserstoff gewogen wird, bestimmen, eine Methode, die sich dadurch vorteilhaft von den erwähnten unterscheidet, daß das zeitraubende Durchleiten des Wasserstoffs durch einen Kolben oder eine Kugel fortfällt. Auch ist der gewogene Wasserstoff sicher rein. Er wird nämlich aus Palladiumwasserstoff durch Erwärmen ausgetrieben und in einer Gasbürette über Wasser aufgefangen. Einige Gramme graues Palladiumpulver befinden sich in einer kleinen Quarz- oder Hartglasröhre, die anfangs mit dem Wasserstoffapparat mit vorgelegten Trockenapparaten verbunden ist. Nachdem das Palladium in wenigen Minuten sich mit Wasserstoff gesättigt hat, wird die Palladiumröhre mit kurzen Schlauchstücken und Glasstäbchen verschlossen und gewogen. Dann verbindet man die Röhre vorsichtig, indem man den Schlauch mit 2 Fingern zusammenpreßt und das Glasstäbchen entfernt, mit dem oberen Ansatzrohr der Bürette, deren Hahn einstweilen noch verschlossen ist. Nun erwärmt man die Röhre anfangs gelinde und öffnet sofort den Bürettenhahn bei tiefer Stellung des Niveaurohres. Nachdem durch stärkeres Erhitzen aller Wasserstoff ausgetrieben ist, schließt man den Bürettenhahn und nimmt das Palladiumrohr von der Bürette ab, indem man den Schlauch zusammenpreßt und das Glasstäbchen wieder in den Schlauch einschiebt. Das abgekühlte Palladiumrohr wird endlich zurückgewogen und das Wasserstoffvolumen abgelesen und reduziert (s. Fig. 2).

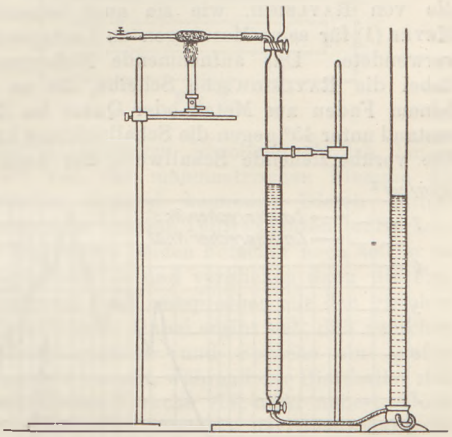


Fig. 2.

Beisp.:	Gewicht der Pa-Röhre mit Wasserstoff	12,0127 g
	Gewicht der Pa-Röhre ohne Wasserstoff	12,0059 „
	Gewicht des Wasserstoffs	0,0068 „
	Volumen des Wasserstoffs (unkorrig.)	81,3 ccm
	Volumen des Wasserstoffs (korrig.)	76,0 „
	Absol. Dichte $\left(\frac{p}{v}\right)$	$D_{abs.} = 0{,}0000895$
	Litergewicht	$LG = 0{,}0895$ g
	Mol.-Gewicht	$MG = 2{,}005$

Schwerlich wird man nach der gewöhnlichen Methode ein so gutes Ergebnis erzielen, jedenfalls nicht in einer Übungsdoppelstunde. Das Palladium ist zwar teuer, kann aber immer wieder benutzt werden. Selbstverständlich dient die Palladiumröhre auch zur Anstellung des WÖHLERschen Okklusionsversuches, zur Analyse von Gemischen von Wasserstoff und Methan, von Wasserstoff und Stickstoff usf. (siehe auch diese Zeitschr. **40**, 219; 1927).

Die Vorzüge des Verfahrens bestehen darin, 1. daß man reinen Wasserstoff wägt und mißt und dadurch ein genaueres Resultat erzielt; 2. daß das zeitraubende Durchleiten von Wasserstoff vermieden wird und 3. dadurch der Versuch in weniger als der halben Zeit ausgeführt werden kann.

Berichte.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Neuere Forschungen zu akustischen Problemen. Originalbericht von Dr. A. WENZEL in Brandenburg (Havel).

Die Ausbreitung des Schalles zu erforschen, z. B. die Amplituden der schwingenden Teilchen, die Druckschwankungen im Medium usw. war bis vor kurzem noch sehr erschwert. Quantitative Messungen im Schallfelde insbesondere auszuführen, stieß bis vor kurzem noch auf erhebliche Schwierigkeiten. Erst die modernen elektrischen Methoden gestatten, in dieses Forschungsgebiet leichter einzudringen.

Eine der ältesten Schallfeldmeßmethoden ist die von RAYLEIGH, wie sie auch neuerdings MEYER (1) für seine Messungen an Lautsprechern verwendete. Das aufnehmende Meßorgan ist dabei die RAYLEIGHsche Scheibe, die an sehr feinem Faden aus Metall oder Quarz im Ruhezustand unter 45° gegen die Schallrichtung hängt. Die vorüberziehende Schallwelle übt dann auf die Scheibe ein Drehmoment M aus, das direkt proportional der Teilchengeschwindigkeit v im Schallfelde ist: $M = k \cdot v$, worin k eine Apparatenkonstante ist. Dieses Drehmoment sucht die Scheibe senkrecht zur Schallrichtung zu stellen. Aus der Torsionskraft des Aufhängefadens läßt sich M berechnen in absolutem Maß, also auch die Teilchengeschwindigkeit v. Als Scheibenmaterial verwendet MEYER ein Glimmerblättchen von 5 mm Durchmesser und 0,055 mm Dicke. Die BROWNsche Molekularbewegung ruft bei dieser Scheibe schon eine Nullpunktsschwankung von 0,2 Skt. bei einem Abstand der Skala von 2300 Skt. hervor.

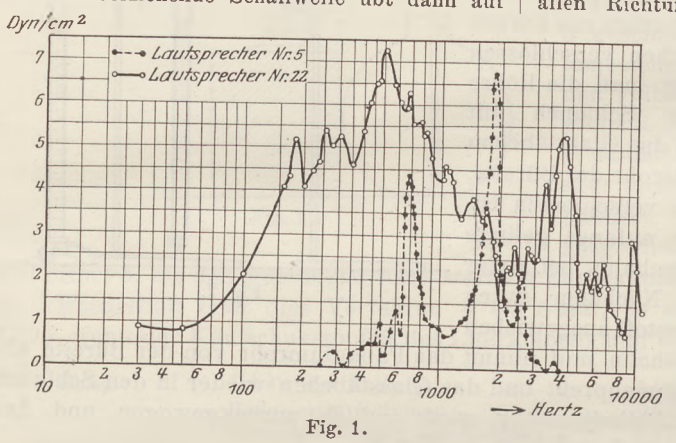


Fig. 1.

Mit Hilfe dieser Einrichtung untersuchte MEYER die Frequenzkurven von Lautsprechern. Diese erhielt er dadurch, daß er den Lautsprecher unter Vorschaltung eines Widerstandes von der Größe des inneren Röhrenwiderstandes mit rein sinusförmiger Spannung, die mit einem Niederfrequenzsender erzeugt wurde, betrieb und unter Konstanthaltung der Spannung die Schwingungszahl des erregenden Stromes änderte. Hält man die Schwingungszahl konstant und ändert die Spannung, so erhält man die „Amplitudenkurve" des Lautsprechers. Während letztere bei den üblichen Lautsprechern gerade Linien sind, sind die Frequenzkurven komplizierter Struktur. Fig. 1 gibt zwei solche nach MEYER wieder für einen guten Lautsprecher (22) und für einen schlechten (5).

Mit Hilfe eines neuen registrierenden Schallmessers, der aus einem Niederfreqenzsender, einem Mikrophon mit verzerrungsfreiem Verstärker und Schreiber besteht, führte auch E. GERLACH (13) Frequenzanalysen an verschiedenen Lautsprechern durch und kam zu ähnlichen Ergebnissen wie MEYER. Dabei beschränkt er sich nicht auf die Hauptschallrichtung des Lautsprechers, sondern dehnt seine Messungen auf den ganzen Raum vor dem Lautsprecher aus. Hierbei ergibt sich, daß der Charakter der Kurven der gleiche in allen Richtungen bleibt, nur die Lautstärke nimmt mit zunehmendem Winkel zur Schallrichtung erheblich ab.

Zur Messung des Schalldrucks verwandte MEYER (1) ein elektrisches Kompensationsverfahren. Die Schwankungen der Membran eines Kondensatormikrophons werden durch elektrostatische Kräfte, die dem Schalldruck entgegengesetzt gleich sind, kompensiert. Mit Hilfe einer Hochfrequenzschaltung, die die Kapazitätsänderung des Kondensatormikrophons in empfindlicher Weise zu beobachten gestattet, wird die Nullstellung bewirkt. Da dieser Schallempfänger räumlich klein ist, erfüllt er auch die Bedingung für derartige Messungen, das Schallfeld praktisch nicht zu stören.

Da sich diese Anordnung vorwiegend nur zur Messung stationärer Schallfelder eignet, haben RIEGGER (2) und TRENDELENBURG (3) sowie der Amerikaner E. C. WENTE (4) ein elektrisches Verfahren zur Klangaufzeichnung entwickelt, um auch nicht stationäre, also schnell veränderliche Schallfelder untersuchen zu können. Sie konnten diese Anordnung mit Hilfe eines Blatthallers *Bl* (Fig. 2) eichen, dessen Lautstärke mit der RAYLEIGHschen Scheibe *R* gleichzeitig gemessen wurde, um ein absolutes Maß zu haben. Der Blatthaller besteht nach RIEGGERS Konstruktion aus einer feinen Membran, auf der ein gut leitender Draht befestigt ist, wie Fig. 3 (Aufsicht) zeigt; dieser liegt zwischen den Polen von Magneten (Fig. 4, Schnitt)[1]. Während letztere mit Gleichstrom gespeist werden, wird durch den Draht der Membran Wechselstrom

[1] Fig. 3 u. 4 sind dem Handbuch der Physik von GEIGER und SCHEEL, Band 8, Akustik redigiert von F. TRENDELENBURG, entnommen (S. 326, Abb. 13 und 14).

getrieben, dessen Frequenz regulierbar ist und dessen Spannung bei den Versuchen völlig sinusförmig verlief. Die Stärke des Wechselstroms wurde mit dem rechts von *Bl* befindlichen Meßinstrument verfolgt. Von den verwendeten Membranen aus Pertinax (53 · 53 cm² Fläche) und Duralumin (18 · 24 cm² Fläche) erwies sich erstere als weniger bauchbar, da sie eine ausgesprochene Eigenfrequenz zeigte. Die vom Schall des Blatthallers im Empfänger durch das Mikrophon M gesteuerten Ströme wurden verzerrungsfrei mehrfach verstärkt. Der Anodenstrom des letzten Rohres wurde unmittelbar durch eine hochabgestimmte Oszillographenschleife geleitet, deren Ausschlag dann ein Maß für die Druckamplitude vor dem Mikrophon ist. Die Amplitudenkurve dieses Kondensatormikrophons ist eine Gerade, während sich die Empfangsempfindlichkeit als ziemlich gleichmäßig für alle Frequenzen

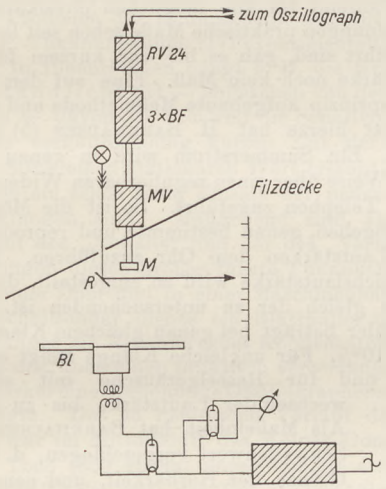


Fig. 2.

in dem Bereich von 100 bis 8000 Hertz (= Schwingungen pro Sekunde) erwies.

Mit dieser Anordnung wurden Versuche über die Richtwirkung dieser Membran (Kolbenmembran) angestellt. Ein Blatthaller war in ein Fenster des Laboratoriums eingebaut und draußen in 3 m Abstand ein davor um die Mittelsenkrechte der Lautsprechermembran schwenkbarer Arm, der das Mikrophon trug. Dabei ergab sich, daß für Schallwellen, deren Wellenlänge sich dem Durchmesser der Membran näherte oder gar kleiner als diese ist, sich eine starke Richtwirkung bemerkbar macht, was mit abnehmender Frequenz mehr und mehr verschwindet. Bei kurzen Wellen — also hohen Frequenzen — treten Interferenzen auf, so daß das Bild des Schallfeldes sehr ähnelt dem optischer Felder mit FRAUNHOFERschen Beugungserscheinungen (Fig. 5), die bekanntlich dann auftreten, wenn die Entfernung der Beobachtungsebene groß ist gegen die Ausdehnung der Öffnung und groß gegen die Wellenlänge.

Mit diesem Kondensatormikrophon und Oszillographen untersuchten H. RIEGGER und F. TRENDELENBURG (9) die Struktur der Sprachklänge in dem ganzen Sprachbereich 50 bis 5000 Hertz; darüber liegen nur noch Komponenten der scharfen Zisch- und Explosivlaute (*S*, *F*, *T*); eine Differenzierung dieser Laute tritt erst oberhalb 7000 Hertz ein. Bei diesen Versuchen

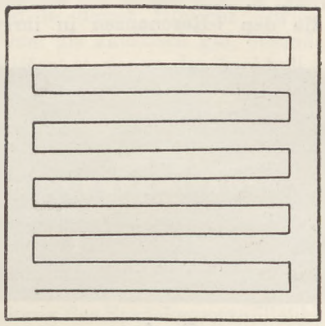


Fig. 3.

wurden Klangkurven gewonnen ähnlich denen, die wir von der manometrischen Flamme im rotierenden Spiegel kennen. Diesen Untersuchungen der höheren Teilfrequenzen der Sprachlaute fügten die beiden Forscher noch solche an Lautsprechern an und verglichen dann die Frequenzkurven der Lautsprecher mit den gleichen der Sprachlaute. Dabei ergibt sich, daß zwischen Trichterlautsprecher und Sprache ein großer Unterschied besteht, während der Blatthaller sich der natürlichen Sprache viel mehr nähert. Doch niemals darf die Lautstärke der Wiedergabe die der natürlichen Sprache erheblich unter- oder überschreiten. In letzterem Falle treten dann von den Kombinationstönen, wie schon HELMHOLTZ gezeigt hat, besonders die Differenztöne (TARTINIschen Untertöne) über den Schwellenwert der Hörbarkeit und verdüstern die Klangfarbe. Wesentlich ist auch für eine gute Lautsprecherwiedergabe, daß der Einfluß der Raumakustik unterdrückt wird durch akustisch stark absorbierende Raumbegrenzung. Daß trotzdem mit dem Lautsprecher keine Orchesterwirkung erzielt wird, hat seinen Grund in dem Fehlen einer räum-

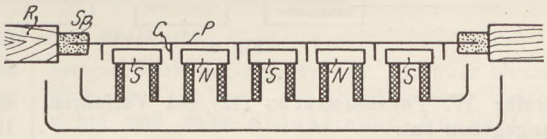


Fig. 4.

lichen Ausdehnung der einzelnen Instrumente, die natürlich nicht durch zwei oder mehr Lautsprecher ersetzt werden kann.

Eine ähnliche Apparatur wie oben beschrieben verwandte H. BACKHAUS (10) zur Klanganalyse. Er erforschte die Eigenart von Geigenklängen, was zuvor schon HEWLETT (11) getan hatte. Im Gegensatz zu letzterem kommt BACKHAUS aber zu dem Ergebnis, daß die Güte von Geigen von der Lage und Zahl der Resonanzgebiete in

höheren Frequenzen abhängt. Er hat gleichzeitig die Resonanzlagen der Vokale untersucht und vergleicht diese mit den Geigentönen. Während für den Vokal *i* die Frequenzen zwischen 3000 und 4000 Hertz als Resonanzen ausschlaggebend sind, liegen sie für *e* bei 2500 Hertz, für *ä* bei 2000 Hertz, für *o* bei 500 Hertz und noch tiefer für den Vokal *u*. Am besten soll nun eine Geige klingen, die den *i*-Resonanzen in ihren Ober-

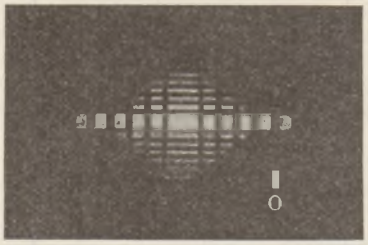


Fig. 5.

tönen nahekommt, was BACKHAUS bei einer Stradivariusgeige bestätigt fand. Liegen die Resonanzen aber im Bereich der *e*- oder *ä*-Resonanzen, — näselnde Töne! —, so hört sich die Geige auch tatsächlich unschön an. Für die tieferen Geigentöne sind Resonanzen maßgebend zwischen 400 und 500 Hertz, wenn sie einen guten Klang haben sollen. Auf welche mechanischen Eigenschaften des Geigenkörpers dies zurückzuführen ist, bleibt bisher aus Mangel an Untersuchungen ungeklärt. Hierzu müßten neben den Druckschwankungen im Schallfeld auch die Schwingungsformen der Saiten aufgezeichnet werden,

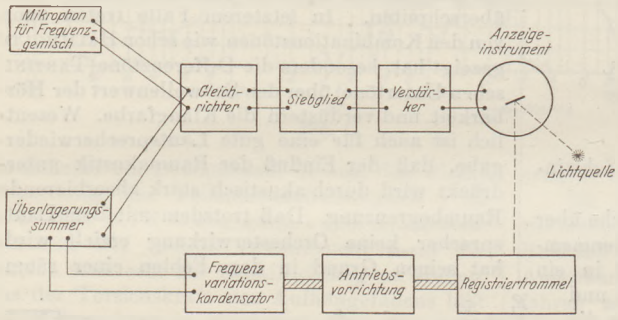


Fig. 6.

wofür W. TRENDELENBURG (12) ein Verfahren angegeben hat.

Zur Durchführung der Klanganalyse hat neuerdings auch M. GRÜTZMACHER (14) eine neue Methode angegeben. Während HELMHOLTZ und C. STUMPF (8) auf rein akustischem Wege die grundlegenden Untersuchungen der Sprachlaute durchgeführt haben, bedienten sich K. W. WAGNER (15) sowie C. R. MOORE und R. L. WEGEL (16) der elektrischen Aussiebung und Eingrenzung als Mittel der Frequenzanalyse. Nach der neuen Methode von GRÜTZMACHER wird dem zu untersuchenden Frequenzgemisch eine in der Frequenz kontinuierliche veränderliche Spannung überlagert. Das Schema der Apparatur zeigt Fig. 6. Danach werden durch eine geeignete Gleichrichtung des neuen Gemisches Kombinationstöne erzeugt und aus deren Lage und Intensitäten, Frequenzen und Amplituden der Teiltöne des ursprünglichen Tones bestimmt. Die variable Suchfrequenz wird mittels eines Summers erzeugt. Sie durchläuft kontinuierlich den Frequenzbereich des zu untersuchenden Frequenzgemisches. Geht die gleichmäßig steigende Suchfrequenz über eine Teilfrequenz des Gemisches hinweg, so entstehen Schwebungen, die gleich gerichtet und von einer tief — auf 0 bis 20 Hertz — abgestimmten Siebkette hindurchgelassen und dann photographisch registriert werden. Interessant ist es, daß die Ergebnisse dieser Untersuchungen sowohl bezüglich der Sprachklänge wie auch einiger Geigentöne sehr gut mit denen von BACKHAUS übereinstimmen. —

Während für alle möglichen physikalischen Erscheinungen praktische Maße schon seit langem eingeführt sind, gab es bis vor kurzem für die Lautstärke noch kein Maß. Eine auf dem Vergleichsprinzip aufgebaute Meßmethode und einen Apparat hierzu hat H. BARKHAUSEN (5) angegeben. Ein Summerstrom wird in genau meßbarer Weise über einen regulierbaren Widerstand einem Telephon zugeführt. So ist die Möglichkeit gegeben, genau bestimmte und reproduzierbare Lautstärken dem Ohr zuzuführen. Diese Vergleichslautstärke wird so eingestellt, daß sie gerade gleich der zu untersuchenden ist. Der Meßfehler beträgt bei genau gleichem Klang der Töne 10%. Für ungleiche Klänge steigt er auf 25% und für Rasselgeräusche mit schnell wechselnder Lautstärke bis zu 50%. Als Maßeinheit hat BARKHAUSEN den Schwellenwert vorgeschlagen, d. i. die Grenze der Hörbarkeit, und nennt sie „Wien". Da in diesen Einheiten die Lautstärken praktisch das Gebiet von 1 bis 10000 Wien umfassen — bei 16000 Wien hat man schon Schmerzempfindung! —, schlägt er ferner als Einheit das „Phon" vor, das mit der Einheit „Wien" in der Beziehung steht:

$$2^{\text{Phon}} = \text{Wien}.$$

Danach hat das musikalische Pianissimo ungefähr 2 Phon, Piano 4, Forte 8, Fortissimo 10 und mehr Phon. Der Lärm einer Kreissäge hat 14 Phon, eines Automotors 14—16, eines Boschhornes 13—14, das Läuten eines Weckers 7—9 Phon usw.

Später hat BARKHAUSEN zusammen mit TISCHNER (6) zur Erzielung größerer Genauigkeit zwei Niederfrequenzröhrensender verwendet, von denen der eine den Normalton, der andere den zu untersuchenden Ton lieferte. Beide wurden in schnellem Wechsel nacheinander mit dem Telephon verbunden und dann die Lautstärke des einen Tonsenders so verändert, daß kein Unterschied mehr wahrzunehmen war. Die Stromstärke des Normaltonsenders gab dann ein Maß für die Lautstärke. Interessant sind die Ergeb-

nisse dieser Untersuchungen. Töne ganz verschiedener Frequenz ließen sich bezüglich ihrer Lautstärke recht gut miteinander vergleichen. Auch ist für die Meßgenauigkeit die Höhe und die Klangfarbe des Normaltons gleichgültig. Selbst ein Geräusch ließe sich hierzu verwenden. Auch bestätigte sich, was beide Forscher (7) sowohl wie auch C. STUMPF (8) früher schon gefunden hatten, daß nämlich weniger laute, doch noch gut hörbare Teiltöne zur physiologischen Lautstärke eines Klanges oder Geräusches nichts beitragen, falls sie in der Frequenz mehr als 20% von dem lautesten Teilton abweichen. Nur dieser letztere bestimmt die Lautstärke. Bei all diesen Messungen war der Fehler immer noch 10%, doch läßt sich diese Grenze noch durch Mittelwertungen auf 5% herabdrücken.

Breiten sich Schallwellen nicht im Freien, sondern im geschlossenen Raum aus, so tauchen neue Probleme der Raumakustik auf, mit denen sich F. TRENDELENBURG (17) experimentell befaßt hat. In Innenräumen hängt z. B. die Sprachverständlichkeit — abgesehen von der Lautstärke — davon ab, wie weit die Schallvorgänge in der verhältnismäßig kurzen Zeit der Dauer einer Silbe einen stationären Wert erlangt haben, und ob sie schon beim Einsatz der neuen Silbe abgeklungen sind. Maßgebend sind also der Verlauf des „Anhalls" und der des „Nachhalls". Messungen dieser Größen führte TRENDELENBURG im Kölner Dom und in einer Maschinenhalle aus. Als Schallsender diente ein Blatthaller und als Empfänger ein RIEGGER sches Kondensatormikrophon, das über einen praktisch verzerrungsfreien Verstärker eine hochohmige Oszillographenschleife betätigte. Der so gemessene Verlauf des Anhalls war im Mittelschiff des Kölner Domes für tiefe Töne (320 Hertz) unregelmäßig steigend; erst nach 2,5 Sek. war der Ton gleichmäßig stark, was für hohe Frequenzen (3000 Hertz) schon nach 1/4 Sek. erreicht ist. Ebenso dauerte der Nachhall für mindere Frequenzen viel länger (3 1/2 Sek.) als für hohe. Im Seitenschiff ist kein so großer Unterschied zwischen den verschiedenen Frequenzen zu beobachten. Hier dauert der Anhall wie der Nachhall eines im Mittelschiff gegebenen Tones stets länger als 2 Sek. Wenn man aber bedenkt, daß zu einer guten Sprachverständlichkeit die Lautstärke jeder Silbe nur bis unter 35% des Vollwertes beim Einsatz der nächsten Silbe abgeklungen zu sein braucht, so sieht man, daß nicht so sehr die Dauer als der Verlauf des Nachhalls für die Sprachverständlichkeit von Bedeutung ist. Und in dieser Hinsicht erwies sich der Kölner Dom als akustisch gut, besonders in den Seitenschiffen, in denen der Nachhall schon nach weniger als 1/2 Sek. unter 30% der maximalen Lautstärke gesunken ist. Die zum Vergleich untersuchte Maschinenhalle von 18,5 · 32,5 m Fläche und 10 m Höhe zeigte eine viel schlechtere Sprachverständlichkeit in größerem Abstand vom Tonsender. Der Nachhall war hier, besonders für mittlere Frequenzen (500 Hertz), nach sehr starken Schwankungen erst nach einer Sekunde unter 35% des Vollwertes. Diese Ergebnisse zur Untersuchung der Sprachverständlichkeit wurden auch durch Versuche von E. MEYER (1) bei seinen Nachhallmessungen bestätigt.

Literaturverzeichnis.

1. E. MEYER, Zeitschr. f. techn. Phys. 7. 609. 1926 u. Elektr. Nachr. Techn. 4. 135. 1927.
2. H. RIEGGER, Wissensch. Veröffentl. a. d. Siemenskonzern. 3. 67. 1924.
3. F. TRENDELENBURG, Ebenda 3. 43. 1924 und die Naturw. 15. 297. 1927.
4. E. C. WENTE, Phys. Rev. 10. 39. 1917.
5. H. BARKHAUSEN, Zeitschr. f. techn. Phys. 7. 599. 1926.
6. H. BARKHAUSEN u. H. TISCHNER, Zeitschr. f. techn. Phys. 8. 215. 1927.
7. H. BARKHAUSEN u. G. LEWICKI, Phys. Zeitschr. 25. 537. 1924.
8. C. STUMPF, Die Sprachlaute. Berlin 1926. S. 306.
9. H. RIEGGER u. TRENDELENBURG, Zeitschr. f. techn. Phys. 5. 236 u. 577. 1924. und 7. 187. 1926.
10. H. BACKHAUS, Zeitschr. f. techn. Phys. 8. 509. 1927.
11. C. W. HEWLET, Phys. Rev. 35. 359. 1912. Vgl. auch D. C. MILLER, Science of. Musical Sounds, 1926.
12. W. TRENDELENBURG, Die natürlichen Grundlagen der Kunst des Streichinstrumentenspiels. Berlin 1925. S. 12.
13. E. GERLACH, Zeitschr. f. techn. Phys. 8. 515. 1927.
14. M. GRÜTZMACHER, Ebenda 8. 506. 1927.
15. K. W. WAGNER, E. T. Z. 45. 45. 1924.
16. C. R. MOORE u. R. L. WEGEL, Bull. Syst. Techn. Journ. Okt. 1924.
17. F. TRENDELENBURG, Zeitschr. f. techn. Phys. 8. 502. 1927.

4. Unterricht und Methode.

Technik des physikalischen Unterrichts nebst Einführung in die Chemie[1]. Bericht von Dr. OTTO CURIO.

FRIEDRICH C. G. MÜLLER, unser verdienter Altmeister des physikalischen und chemischen Schulversuchs, hat unter dem obigen Titel das Ergebnis seiner 50jährigen Lehr- und Erfindertätigkeit dargestellt. Eine außerordentliche Fülle von Neuschöpfungen wichtiger Schulversuche sind zusammen mit den erprobten Unterrichtsmitteln anderer Fachgenossen zu einem einzigartigen Werk vereinigt worden. Darüber hinaus sind die Probleme des physikalischen Unterrichts und seine didaktische Ausgestaltung in klarer und überzeugender Weise behandelt. Das Buch soll als Ergänzung der bewährten umfangreichen Werke von FRICK, WEINHOLD und ROSENBERG ein handliches Vademecum am Experimentiertisch und in der Werkstatt sein.

Ein besonderes Kennzeichen der MÜLLERschen Versuchstechnik ist die starke Betonung des messenden Versuches und demzufolge die schulmäßige Ausgestaltung solcher Instrumente, die bei der Entwicklung und Begründung größerer Lehrabschnitte immer wieder mitwirken müssen wie die feine Rolle, die Zeigerwalze, das

[1] FRIEDRICH C. G. MÜLLER, Technik des physikalischen Unterrichts nebst Einführung in die Chemie. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Verlag von Otto Salle, Berlin. XIII, 407 Seiten mit 247 Abbildungen. 1926.

Thermometer, das Galvanometer, der Rheostat, der Dynmesser, die Meßglocke, das Voltameter. Mit diesen Instrumenten lassen sich die meisten Gesetze auch ohne geschlossene Apparate, wie sie von den Firmen geliefert werden, durch zweckmäßige Kombination einfacher Hilfsmittel bewahrheiten. Überdies sind die meisten MÜLLERschen Apparate bautechnisch so durchkonstruiert, daß sie beim Vorhandensein einer gut eingerichteten Werkstatt nach den gegebenen Anleitungen vom Lehrer selbst hergestellt werden können, ohne den Eindruck einer Physica pauperum zu erwecken.

Im folgenden soll nun versucht werden, einen Einblick in die reiche Gedankenwelt und die eigenartige Apparatetechnik MÜLLERS zu geben.

MÜLLER empfiehlt, auf der Unterstufe die Mechanik mit der Statik wegen ihres einfachen Aufbaues zu beginnen, auf der Oberstufe dagegen deduktiv aus den dynamischen Prinzipien GALILEIS und NEWTONS zu entwickeln und die Ruhe als den Grenzfall der Bewegung anzusehen.

In fesselnder Weise zeigt MÜLLER in der Statik, wie dem Schüler der statische Kraftbegriff als eine nicht zu definierende Grundvorstellung zum Bewußtsein zu bringen ist. Nach einer Übersicht über die wichtigsten Naturkräfte lernt der Schüler Faden, Schubstange und Rolle als Elementarorgane kraftübertragender Maschinen kennen. Glänzend bewährt sich MÜLLERS pädagogisches Geschick bei der Auswertung des klassischen Dreifadenversuches von VARIGNON (S. 34). Durch Übertragung der Fadenfigur auf die Wandtafel und die Konstruktion des entstehenden Kraftpfeildreiecks aus den drei Transversalen führt er die Schüler induktiv zu der gewöhnlichen Fassung des Parallelogrammsatzes vom Gleichgewicht dreier Kräfte. Vorbedingung für ein einwandfreies Gelingen des Versuches sind ein Paar Präzisionsrollen, deren Achsen mit konischen Spitzen in stumpfen Hohlkegeln der Lager laufen müssen (nicht umgekehrt!). Eine lehrreiche Bestätigung des Parallelogrammsatzes hat MÜLLER in dem von ihm konstruierten sog. Kranauslegerapparat (S. 36) gegeben, mit dem gleichzeitig die ganze Saitenformel bestätigt werden kann. Die Bestimmung der ein Fadenpendel ablenkenden Kräfte führt zum Verständnis des Kräftespiels auf der schiefen Ebene, für die wieder eine Präzisionsrolle und ein fast reibungslos arbeitendes Wägelchen unumgänglich notwendiges Zubehör sind. Keil und Schraube werden als besondere Fälle der schiefen Ebene behandelt. In der theoretischen und experimentellen Behandlung des schwierigen Hebelproblems zeigt MÜLLER seine ganze Meisterschaft: „Das eigentliche Geheimnis des Hebels liegt gar nicht in der Momentengleichung, sondern in der mechanischen Verbindung der beiden Hebelarme. Durch welches innere Getriebe kommt die Kraftübertragung von dem einen Angriffspunkt nach dem anderen hinüber zustande? Es gibt nur zwei unmittelbar verständliche Kraftübertragungen: Zug und Schub“ (S. 43). Unvergeßlich wird mir der Eindruck aus jener Physikstunde bleiben, als MÜLLER uns Primanern die Richtigkeit seiner Theorie mit einem Griff an dem von ihm aus Zigarrenkistenholz hergestellten zerlegbaren Hebel (S. 44) erläuterte. Ebenso führte er den bei der Welle neu hinzukommenden Vorgang der Torsion durch ein einfaches Modell (S. 45) auf Zug- und Schubspannungen zurück. Vom Hebel führt eine einfache Überlegung zum Schwerpunkt, dessen theoretische Behandlung er auf wenige praktisch wichtige Fälle beschränkt wissen will. Eine genaue Theorie der Hebelwage veranschaulicht ein leicht herstellbares Holzmodell (S. 48).

Nach einer mit lehrreichen Versuchsgruppen ausgestatteten Festigkeitslehre kommt MÜLLER zu einem seiner Lieblingsgebiete, zur Dynamik.

„Messende Versuche in der Mechanik sollten unbedingt exakt sein. Wie auf keinem anderen Gebiete der Physik dienen sie hier zur Bestätigung von Sätzen und Formeln, die auf dem Wege der Deduktion aus den großen Grundgesetzen hergeleitet worden sind.“ Das sagt MÜLLER 1887 in der Urform des vorliegenden Werkes, einer Beilage zum Programm des von Saldernschen Realgymnasiums zu Brandenburg a. d. Havel.

An der Spitze steht die scharfe Feststellung der Begriffe Geschwindigkeit und Beschleunigung. Da im absoluten Maßsystem außer Weg und Zeit als dritte Grundgröße die Masse angenommen worden ist, so erscheint der dynamische Kraftbegriff als ein abgeleiteter. Die erste und wichtigste Aufgabe ist demnach die direkte Demonstration des Grundgesetzes $a = k/m$. In unvergleichlich einfacher Weise löst dieses Problem der von MÜLLER konstruierte Reifenapparat (S. 56), der gleichmäßige und beschleunigte Bewegungen herzustellen, zu variieren und zu messen und, was das Wichtigste ist, durch Verwendung von zwei kleineren Ringen statt des großen den Einfluß der Masse auf die Beschleunigung zu demonstrieren gestattet.

Für die ATWOODsche Fallmaschine werden wichtige Winke gegeben; eine mit schulmäßigen Apparaten ausführbare Versuchsanordnung dient zur Bestimmung der dynamischen Fadenspannung (S. 62). Als Material für die GALILEIsche Fallrinne wird ein 1,5 m langer Abfallstreifen vom Spiegelglas der Schaufensterscheiben empfohlen. Als Rollkörper dient das Wägelchen der schiefen Ebene. Der freie Fall ist ein Sonderproblem. Eine exakte Veranschaulichung des stetigen Verlaufes des Fallvorganges ist nur auf phonautographischem Wege möglich. Eine von MÜLLER angegebene schulmäßige Versuchsanordnung dieser Art (S. 65) und ein von ihm gefundenes sehr scharfes Verfahren zur Auszählung der Wellenzüge liefert den genauen Wert der Erdbeschleunigung. Besonders wertvoll ist es, daß die Schüler hier „von der Natur selbst aufgezeichnete Urkunden vor sich haben, aus denen sich ein Stück Weltordnung offenbart“.

An das Kapitel der Wurfbewegung schließt sich folgerichtig der dynamische Parallelogrammsatz. Er hat aber trotz aller in Büchern

und Katalogen stehenden Versuche noch keine experimentelle Bestätigung gefunden. Es bleibt zur Zeit nichts anderes übrig, als in den zahlreichen Beispielen der Überlagerung harmonischer Schwingungen einen indirekten Beweis zu erblicken.

Einen großen Umfang nehmen die Versuche zur qualitativen und quantitativen Bestätigung der Formel für die konstante Zentralkraft $k = 4\pi^2 r m n^2$ ein, unter denen besonders MÜLLERS genaue Ergebnisse liefernder Versuch mit einem Zentrifugalhohlspiegel aus Glyzerin (S. 78) hervorgehoben sein mag.

In dem lesenswerten Kapitel über Arbeit und Energie warnt MÜLLER davor, den Arbeitsbegriff in die Statik einzuführen oder gar den Parallelogrammsatz aus dem Arbeitsprinzip entwickeln zu wollen. Besonders wertvoll ist die Möglichkeit, das Energiegesetz $ks = mc^2/2$ mit dem Reifenapparat direkt zu bestätigen.

Für eines seiner Lieblingsprobleme, die Schwingbewegung, gibt MÜLLER den Gang einer Deduktion aus den Grundgesetzen der Dynamik und zahlreiche einfache, billige und trotzdem für genaue Messungen geeignete Versuche an (S. 86—96). Für die Bestätigung des NEWTONschen Gravitationsgesetzes empfiehlt er die von WULF konstruierte Drehwage (P. XXXV, S. 153).

Die Wellenlehre läßt sich nach MÜLLERS Ansicht auf der Schule nur beschreibend behandeln auf Grund von Beobachtung und Experiment. Die üblichen Wellenmaschinen führen keine wirklichen Wellen vor, sondern nur das Bild einer Welle. Ein Wellenapparat im eigentlichen Sinne steht noch aus. Vorläufig ist der Wellenapparat von SCHAIK (P. XIV, 89) empfehlenswert. Ebenso fehlt eine direkte Veranschaulichung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit einer Verdichtungswelle in der Luft. Wir müssen uns mit dem indirekten Nachweise durch die stehenden Schwingungen begnügen. Der Versuch mit einer manometrischen Flamme beweist nur die Tatsache, daß sich eine Erschütterung überhaupt fortpflanzt.

Nach einem schönen Kapitel über Reibung und Stoß folgt die Statik und Dynamik tropfbarer Flüssigkeiten. Unter den zahlreichen üblichen Versuchen ist die von MÜLLER ausgeführte Abänderung des FRICKschen Apparates zur Demonstration der gleichmäßigen Druckfortpflanzung besonders eindrucksvoll: Die Hebung eines 10 kg-Gewichtes durch ein 1 kg-Stück nach dem Prinzip der hydraulischen Presse (S. 109). Die ganze übrige Hydrostatik wird auf dem Grundgesetz theoretisch aufgebaut und experimentell veranschaulicht und bestätigt. Ein von MÜLLER konstruiertes Manometer höchster Empfindlichkeit, das einfach durch Schräglegen eines U-Rohres hergestellt wird, dient zur Bestimmung von Dampf- und Gasdichten (S. 115). Originell ist die Anfertigung einer auf einem schwimmenden Kork befestigten Lichtzeigernadel, die sich infolge besonderer Oberflächenspannungsverhältnisse reibungslos einstellt (P. XXXI, 1918, 185).

Auf dem Gebiet der Statik gasförmiger Körper hat MÜLLER wieder den grundlegenden Apparat zu hoher Vollendung ausgebildet: ohne die bekannten Mißstände anderer Konstruktionen kann das BOYLE-MARIOTTEsche Gesetz mit einem nur 1,70 m hohen Apparat über ein Intervall von $^1/_{10}$ bis zu 3 Atmosphären einwandfrei bestätigt werden (S. 130). Eine Fülle von wertvollen Ratschlägen enthalten MÜLLERS Ausführungen über die Luftpumpen und die damit anzustellenden Versuche. Mit dem von ihm neu konstruierten Wasserstrahlgebläse (S. 139) kann sogar ein Fletscherofen betrieben werden. Auf den hübschen Versuch zur gefahrlosen Demonstration der Wirkung des Schießpulvers sowie auf die Herstellung gesättigter Gaslösungen binnen einer Minute sei hier besonders hingewiesen.

In der Akustik können die Erscheinungen und Gesetze trotz des Reichtums an schönen Apparaten wegen der Beschränktheit der Zeit nur insoweit durchgenommen werden, als es für die allgemeine Bildung unerläßlich ist. Um so mehr bieten sie aber dem Lehrer in einer Schlußbetrachtung eine günstige Gelegenheit, im Schüler das Verständnis für die Grenzen physikalischer Erkenntnis und den Sinn für metaphysische Probleme zu wecken. Ein unfaßbares physikalisches Wunder vollzieht sich im Luftraum eines Konzertsaales, wenn wir bedenken, daß jeder der zahllosen Töne trotz der winzigen Schwingungsweite, die in größerem Abstande von der Tonquelle mikroskopisch klein wird, in einem losen Haufwerk regellos schwirrender und sich stoßender Moleküle unverändert übertragen wird. Ebenso wunderbar ist, daß die unzähligen Tonelemente, die am Trommelfell mit einer einzigen Überlagerungswelle wirken, vom Ohr gesondert zur Wahrnehmung gebracht und schließlich ins Seelische übertragen werden. „Wenn die Schüler dies alles erschauen und dadurch mit religiöser Ehrfurcht erfüllt werden, hat der Unterricht sein Ziel erst ganz erreicht".

In der Wärmelehre legt MÜLLER besonderen Wert auf die Begründung aller wichtigen Gesetze durch genaue messende Versuche. Eines der dringendsten Bedürfnisse war deshalb ein einfaches Thermometer, dessen Angaben bis auf 6 m Entfernung beobachtet werden können. An Stelle des infolge von Lichtreflexion kaum sichtbaren Quecksilberfadens verwendete MÜLLER 80%-ige, durch Indigo gefärbte Schwefelsäure (Firma Alt, Eberhardt und Jäger). Die nach POSKES Worten geradezu verblüffend originelle Konstruktion des sog. „selbstregistrierenden" Lufthermometers von MÜLLER (S. 159) gestattet für das Intervall von $+7^0$ bis $+27^0$, das für die meisten kalorimetrischen Versuche allein in Frage kommt, bei einer Gradlänge von 12 mm eine weithin sichtbare Ablesung der Zehntelgrade. Die Verwendung der „Skope" sollte auf die Versuche beschränkt bleiben, bei denen eine hohe und höchste Empfindlichkeit

erforderlich ist. Zur genauen Bestimmung des linearen Ausdehnungskoeffizienten hat MÜLLER den sehr einfachen Röhrendehnungsapparat (S. 157) konstruiert. Ein Apparat zur Bestimmung der Verbrennungswärme des Kohlenstoffs (S. 163) kann leicht überall hergestellt werden.

Ein guter Schulapparat zur quantitativen Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents steht noch aus. Die vorhandenen Apparate sind entweder zu teuer oder ungenau und wissenschaftlich nicht einwandfrei, da sie die in den Reiber dringende Wärme außer Rechnung lassen.

Neben den zahlreichen messenden Versuchen über Verdampfungswärme und Dampfdruck sei besonders auf den von MÜLLER konstruierten Dampfkolben hingewiesen, der die Gewalt des Dampfdruckes durch das Heben von 40 kg durch einen Kolben von nur 2,52 cm Durchmesser eindrucksvoll demonstriert (S. 175).

Das Hauptziel des Unterrichts in der Optik ist das Verständnis der wichtigsten optischen Instrumente. Es wird durch eine im wesentlichen experimentelle Feststellung der grundlegenden Tatsachen und Gesetze und durch deren möglichst einfache mathematische Einkleidung erreicht. Für das meist gebrauchte Gerät, die optische Bank, wird eine zur Selbstanfertigung geeignete Form angegeben. Eine der schönsten Konstruktionen MÜLLERS ist der außerordentlich übersichtliche und billige Uhrwerkheliostat (S. 189, MAX KOHL Nr. 20129), der auf einer vorgerichteten Plattform binnen drei Minuten gebrauchsfertig aufgestellt werden kann. Die Gesetze der Reflexion werden mit Hilfe der rektangulären Glaswanne und der HARTLschen Scheibe demonstriert. Die Wirkungsweise der Linsen wird am besten durch solche Versuche verständlich gemacht, die den tatsächlichen Strahlenverlauf veranschaulichen. Der Wert der Linsenformel nebst ihrer zeitraubenden Ableitung ist nur gering, da sie die Linsendicke nicht berücksichtigen kann. Die Theorie des Regenbogens wird durch Konstruktion und Versuch erläutert.

Ferner verdienen die von MÜLLER vereinfachte SCHELLBACHsche Versuchsanordnung zur Umkehrung der Natriumlinie, die tatsächlich überzeugend wirkt (S. 217), und die MÜLLERsche Erläuterung des Augenspiegels von HELMHOLTZ mit Hilfe der photographischen Kammer (S. 220) hervorgehoben zu werden. Für die Versuche, die zur Wellentheorie des Lichtes führen, werden viele wichtige Fingerzeige gegeben.

Ähnlich wie am Schluß der Akustik muß der Lehrer auch hier auf das Wunder hinweisen, das sich vor dem geistigen Auge des naturwissenschaftlich gebildeten Menschen im lichtdurchfluteten Weltraum abspielt. Auch bei beliebiger gegenseitiger Durchkreuzung bleibt die Beschaffenheit der Lichtstrahlen unverändert und derselbe Weltäther, der den Flug der Weltkörper nicht hemmt, muß mit Zugspannungen begabt sein, so daß er das Licht der Sterne durch transversale Schwingungen zu uns zu leiten vermag.

Nach einer eingehenden Behandlung der magnetischen Grundversuche wendet sich MÜLLER dem von ihm mit besonderer Liebe gepflegten Gebiet der Magnetometrie zu. Bei der Herleitung des Grundgesetzes der magnetischen Fernwirkung hält er sich an die von COULOMB und GAUSS eingeschlagenen Wege. Der wichtigste Apparat bei diesen Untersuchungen ist die von MÜLLER konstruierte und zur Selbstanfertigung geeignete Lichtzeigernadel (S. 298). Als Einzelpol verwendet er die Enden zweier 2 m langer, gerader Drahtmagnete. Die an einer korrigierten Tangentenskala erhaltenen Ausschläge für den Einzel- und den Doppelpol in verschiedenen Entfernungen bestätigen mit aller wünschenswerten Genauigkeit das Coulombsche Gesetz (S. 241). In der Bestimmung der absoluten Polstärke von Magneten, für die nur bester Wolframstahl empfohlen wird, folgt MÜLLER zunächst der Methode von GAUSS, ersetzt aber die Schwingungsmethode, die theoretisch schwierig und wenig anschaulich ist, durch ein von ihm ausgearbeitetes Verfahren mit dem Pendeldynmesser (S. 243). Dieser Apparat ist eines der Meisterwerke MÜLLERS. Wie durch eine Art Wägung wird die Größe μH unmittelbar bestimmt. Der für H berechnete Wert ergibt sich auf 1% genau! Mit Hilfe eines zweiten gleichen Magnetstabes gelingt es ihm, mit dem Pendeldynmesser allein die zur Bestimmung von μ und H erforderlichen beiden Gleichungen zu gewinnen. So ergeben sich aus drei Dynmesserablesungen binnen zehn Minuten μ_1, μ_2 und H in absolutem Maß. Mit Recht sagte POSKE: „Das ist ein Kabinettstück der Experimentierkunst!“ Ein drittes Verfahren zur Bestimmung von μ_1, μ_2 und H, das lediglich mit der Schwingungszählung zweier Magnetstäbe ohne alle Sonderapparate arbeitet und sich für Schülerübungen eignet, ist unter P. XXX, 1917, S. 142 eingehend beschrieben.

In dem Abschnitt über Elektrostatik bietet MÜLLER das Muster eines induktiven Lehrganges, wie er unmittelbar vor der Klasse in wenigen Stunden erledigt werden kann. Hier ist auch eine besonders günstige Gelegenheit gegeben, mit dem pädagogischen Aufbau des Stoffes der historischen Entwicklung des Gebietes zu folgen. Gelegentlich einer eingehenden Besprechung der Elektrisiermaschinen wird besonders auf die Influenzmaschine von Dr. WOMMELSDORF (Berliner Elektrogesellschaft) hingewiesen, die bei einem Scheibendurchmesser von 35 cm mit 0,3 Milliampere und einer Funkenlänge von 25 cm die Leistung einer gleich großen und gleich teuren HOLTZschen Maschine um das Zehnfache übertrifft. Die ziemlich groben elektrometrischen Unterrichtsmittel ergänzt MÜLLER durch ein für feinere Messung geeignetes Demonstrationselektrometer (S. 261), das innerhalb 500 Volt noch Einzelvolts abzulesen gestattet. Zur Messung kleinerer Spannungen von der Größenordnung eines einzigen Volts hat MÜLLER nach dem Prinzip des Instrumentes von W. THOMSON ein schulgerechtes Quadrant-

elektrometer konstruiert (S. 263). Es zeigt für die Messung der Spannung galvanischer Elemente und der Spannungsdifferenzen an verschiedenen Punkten stromdurchflossener Drähte eine hinreichend hohe Isolierung. Beide Instrumente eignen sich zur Selbstherstellung.

Den Schluß des Kapitels bilden die elektrischen Erscheinungen in Gasen und eine sehr gute Darstellung der elektrischen Grundgrößen und ihrer gesetzmäßigen Beziehungen zueinander.

Der Galvanismus ist bei dem Umfang und der Bedeutung des Gebietes nur mit den denkbar besten Einrichtungen in annehmbarer Weise zu erledigen. Der Gang des Unterrichts wird auf dem Wege der Induktion durchgeführt. In erster Linie sind es deshalb wieder messende Versuche und schulgerechte Meßinstrumente gewesen, denen Müller seit einem halben Jahrhundert sein ganzes Interesse zugewandt hat. Deshalb schuf er das Schulgalvanometer und den Schulrheostaten, Instrumente mit weitem Meßbereich, einfach in Theorie und Konstruktion, bequem im Gebrauch, auch auf größere Entfernungen genau und schnell ablesbar. Nach dem Prinzip der Schnellwage konstruierte er das Wagegalvanometer, ein Nullinstrument mit einem innerhalb eines Multiplikators schwingenden Magnetstab, mit Reiterverschiebung und Flüssigkeitsdämpfung (S. 293). Das allgemein eingeführte Vertikalgalvanometer, das lange schwingt, verbesserte er durch Anbringung einer hydraulischen Dämpfvorrichtung (S. 295). Seine hervorragendste Leistung auf diesem Gebiete ist jedoch das schulmäßige Spiegelgalvanometer (S. 298), das mit Nadel, Lichtquelle, Optik und Skala einen geschlossenen, transportablen, jederzeit zum Gebrauch fertigen Apparat bildet. Es ist ein Universalinstrument ersten Ranges. Es dient nicht nur als Amperemeter für den allgemeinen Gebrauch, das den bisherigen Schulinstrumenten dieser Gattung an Schnelligkeit, Schärfe und Meßbereich überlegen ist, sondern in Verbindung mit einem passenden Zubehör, wie einem Kreisleiter und einer Anzahl Multiplikatorrollen, zur experimentellen Entwicklung des absoluten Maßsystems. Selbst die Formel des Laplaceschen Grundgesetzes $k = \mu \cdot J \cdot l \cdot \sin \alpha / r^2$ kann bis in alle Einzelheiten hinein induktiv entwickelt werden. Das benötigte Leiterelement wird durch die Schmalseite eines Leiterrechtecks von 2 cm Breite und 100 cm Länge verwirklicht (S. 307). Über eine neue schulgerechte, absolute Galvanometrie mit rechteckigem Stromleiter und dem Pendeldynmesser hat Müller unter P. XXIII, 17 berichtet.

Das zweite wichtige Instrument ist der von Müller konstruierte Schulrheostat (S. 311, Max Kohl). Die Schüler sehen wirklich, welche Längen des Meßdrahtes eingeschaltet werden, da er zickzackförmig auf dem Mantel einer Trommel auf- und abgeführt ist. Durch Verbindung mit einem Rheochord und einem abnehmbaren Stöpselrheostaten zeigt er in seinen Hauptteilen die wichtigsten Konstruktionsprinzipien für Widerstandsmesser.

In dem Kapitel über die chemischen Wirkungen des Stromes finden wir eine wirklich geniale Schöpfung Müllers: Das schulgerechte Präzisionsknallgasvoltameter (S. 324). Es ist dadurch gekennzeichnet, daß die Zersetzungszelle, in der gesättigte Barytlösung zwischen Nickelelektroden elektrolysiert wird, zusammen mit einer als Meßvorrichtung dienenden geeichten Vollpipette von 50 ccm in einem Zylinder mit Kühlwasser steht. Die Bruchsekunden werden aus einer Feinteilung am unteren Stiel der Pipette errechnet. Ein Versuch mit 4 Amp. dauert 68 Sekunden. Für das Arbeiten mit Strömen unter 2 Amp. ist ein zehnmal verkleinertes Modell derselben Konstruktion hergestellt worden. Die Messungen sind wissenschaftlich genau.

Mustergültig und direkt für den Unterricht verwendbar sind die Ausführungen und Versuche über die gesamte elektrische Induktion. Zur quantitativen Bestätigung des Induktionsgrundgesetzes dient der von Müller konstruierte Erdinduktor (S. 344), der nur eine einzige Wicklungslage trägt, so daß Windungszahl und Windungsweite von den Schülern leicht ausgemessen werden können. Auf diese Weise ist eine unmittelbare Bestimmung der elektromotorischen Kraft in absolutem elektromagnetischem Maße ermöglicht.

Aus dem Gebiet der Elektrotechnik seien besonders das Modell eines Kurzschlußankers im Drehfelde (S. 350) und die schulmäßige Behandlung des Trommelankers, die eine genaue Anleitung zur Wicklung enthält, hervorgehoben. Eine eingehende analytische Darstellung der verwickelten Wechselstromprobleme hält Müller aus Mangel an Zeit nicht für angebracht.

Den Schluß bilden die Kapitel über elektrische Schwingungen und Wellen und über Thermoströme. In dem letzteren bringt Müller eine praktische Ausführung des Thermoelementes von Le Chatelier.

Den Grundgedanken zu seiner methodischen Einführung in die Chemie hat Müller bereits gefaßt, als er noch Assistent bei Friedrich Wöhler in Göttingen war. Er geht von den Verbrennungsvorgängen aus, und zwar von der Verbrennung der unedlen Metalle. Die schon früh angestellten quantitativen Versuche mit Wage und Meßglocke[1] führen zur Zusammensetzung der Luft. Aus den Versuchen mit Sauerstoff wird die Verbrennungstheorie entwickelt. Eingehend werden dann die nichtmetallischen brennbaren Stoffe wie Phosphor, Schwefel, Wasserstoff und Kohlenstoff behandelt. Wertvolle Dienste leistet der von Müller konstruierte gasanalytische Schulapparat (S. 382). Besonders hervorgehoben seien die Zersetzung des Wassers durch Magnesium, die Synthese des Wassers in erheblicher Menge, der leicht anzufertigende Brenner mit elek-

[1] Zu beziehen von Hugershoff in Leipzig.

trischer Funkenzündung (S. 388), die merkwürdige Darstellung von Kohlenoxyd durch intensive Verbrennung von Holzkohle mit reinem Sauerstoff im vertikalen Rohr, die elektrolytische Zersetzungszelle für kontinuierliche Chlorentwicklung und die Herstellung großer Mengen synthetischer Salzsäure mit dem oben genannten Brenner. Den Schluß bildet neben einer Bestimmung von Äquivalentgewichten ein Kabinettstück der Maßanalyse: Die nach einer Idee seines großen Schülers Raschig ausgeführte Methode, durch Einleiten von Chlorwasserstoff das exakteste Urmaß der Azidimetrie herzustellen.

Müller selbst rechnet diese Einführung in die Chemie zu dem Besten, was er geschaffen hat. Und doch enthält sie nur einen kleinen Teil der Früchte seiner schöpferischen Tätigkeit, die er auf dem Gebiet der Schulchemie entfaltet hat. Möge sein Werk recht vielen Lehrern und Schülern Hilfe und Anregung bieten.

5. Technik und mechanische Praxis.

Der Einfluß der Federmassen auf die dynamischen Eigenschaften von Indikatoren[1]. Von Dr.-Ing. Otto Holm in Hamburg.

In der Maschinenindustrie braucht man Instrumente zum Aufzeichnen der Bewegungs-, Kraft- und Arbeitsvorgänge von Maschinen während des Betriebes, um ihr Verhalten jederzeit kontrollieren und sich ein Bild von den inneren Vorgängen im einzelnen machen zu können. Speziell im Kraftmaschinenbau interessiert die in jedem Augenblick abgegebene Leistung. Während es bei elektrischen Motoren verhältnismäßig einfach ist, die der Leistung nach Abzug des Leerverbrauches einigermaßen proportionale Stromaufnahme mittels Spannungsmesser, Stromstärkenmesser und Stromzähler zu registrieren, gibt es bisher noch kein gleichartiges und gleichwertiges Instrument für die Kolbendampfmaschine und den Verbrennungsmotor. Man muß sich damit begnügen, den Kraft- bzw. Druckverlauf eines Arbeitsspieles aufzuzeichnen, wozu man sich eines sogenannten Indikators bedient. Bei diesem Instrument, dessen Meßraum mit dem Gas- oder Dampfraum des Arbeitszylinders einer Kraftmaschine in Verbindung steht, wird ein federbelasteter Kolben entsprechend dem jeweiligen Gasdruck oder Dampfdruck mehr oder weniger aus seiner normalen Gleichgewichtslage entfernt und überträgt seine Bewegung auf ein Schreibgestänge. Abgesehen von den durch Massenkräfte und Reibungswiderstände bedingten Fehlern sind die Bewegungen des Schreibstiftes also den Gas- oder Dampfdrucken proportional. Das Diagramm wird auf ein auf einer Trommel befestigtes Papier aufgezeichnet, die durch einen besonderen Antrieb zwangläufig in eine der Kolbenbewegung der Maschine entsprechende, um ihre Achse schwingende Bewegung versetzt wird. Der Verlauf der erhaltenen Diagrammlinie, die natürlich in sich zurückläuft, läßt den gesamten Vorgang des Druckanstiegs und -abfalls während des Arbeitsspieles erkennen und erlaubt Rückschlüsse auf etwaige Fehler.

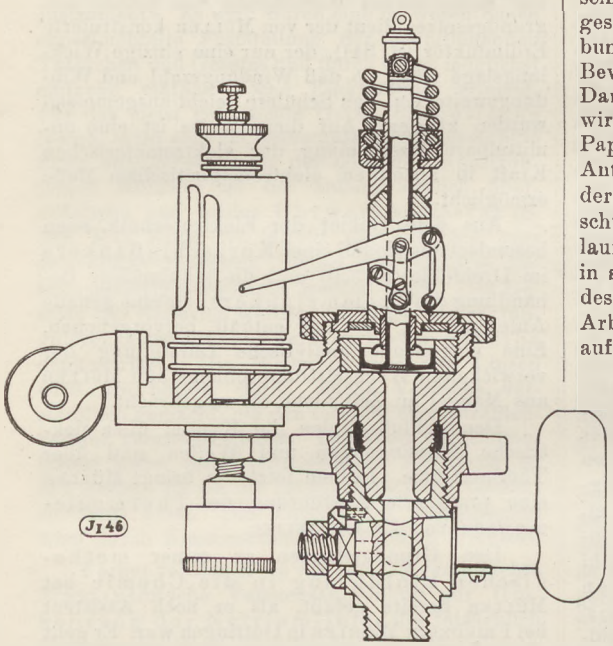


Fig. 1. Stabfederindikator.

Wie schon erwähnt wurde, ergeben sich infolge der dynamischen Fehler des Indikators Abweichungen der aufgezeichneten Diagrammlinie von der theoretischen. Infolge der Trägheitswirkung der bewegten Massen des Schreibhebels, des Kolbens und der Feder bleibt der Schreibstift bei Beschleunigung anfangs zurück, später schießt er bei Verzögerung über das Ziel hinaus. Die auf die gesamten Diagrammabmessungen bezogenen Fehler werden um so größer, je größer die bewegten Massen und je weicher die Indikatorfeder sind. Bei hohen Maschinendrehzahlen werden die Fehler größer als unter sonst gleichen Verhältnissen bei niederen Drehzahlen. Eine genaue rechnerische Untersuchung der ganzen Vorgänge ergibt, daß es auf das Verhältnis der Indikatoreigenschwingungszahl zur Maschinendrehzahl ankommt, und zwar muß erstere im Mittel mindestens 16 bis 20 mal so groß sein wie diese, wenn man brauchbare, einigermaßen fehlerfreie Diagramme erzielen will[1]. Die Forderung nach hoher Eigenschwingungszahl führt auf harte Federn, leichte Massen,

[1] Siehe den gleichnamigen Aufsatz in der Zeitschrift für Instrumentenkunde, 48, 14; 1928.

[1] Vgl. die Arbeit des Verfassers in der Autotechnik, Jahrg. 1927, Heft 19 und folgende: „Die dynamischen Fehler der Federindikatoren".

geringe Abmessungen, kleine Diagramme. Die heutzutage im Motorenbau teilweise üblichen hohen Drehzahlen (bis zu 8000 in einer Minute) führen zu sehr kleinen, zierlichen Instrumenten, bei denen vor allem allergrößte Sorgfalt darauf verwendet ist, die bewegten Massen klein zu halten. Man erreicht das durch geringste Materialstärken und weitgehendste Verwendung von Leichtmetall (Elektron, Magnesiumlegierung, spez. Gew. 1,8). Während bei normalen Indikatoren für Langsam- und Normalläufer der Anteil der Masse der Indikatorfeder selbst an den gesamten bewegten Massen verschwindend gering ist, wird er bei Schnellläuferindikatoren mit wachsender Eigenschwingungsfrequenz größer und größer. Die Grenze des Erreichbaren bezw. nicht mehr Erreichbaren ist also durch die Eigenschwingungszahl der Indikatorfedern selbst für Instrumente mit nicht gar zu kleinem Federmaßstab gegeben. Diese Eigenschwingungszahl könnte mit einem Idealindikator erreicht werden, dessen Kolben und Gestänge gewichtlos wären. Natürlich ist dieses Ideal nicht zu verwirklichen.

Es läßt sich nun zeigen, daß auch ein solcher Idealindikator nur noch für etwa doppelt so hohe Drehzahlen geeignet wäre wie beispielsweise der höchstgezüchtete ausgeführte, der Stabfederindikator von Maihak A. G. in Hamburg (vgl. Fig. 1).

Man kann die Eigenschwingungszahl der härtesten Stabfeder dieses Indikators berechnen. Die Feder ist annähernd ein einseitig eingespannter Stab gleicher Biegungsfestigkeit mit kreisförmigem Querschnitt. Der Profilumriß besteht also aus einer kubischen Parabel. Bemerkenswert ist die Näherungslösung der sich ergebenden Differentialgleichung der Biegungsschwingung, die die Form hat:

$$E \frac{\partial^4 x}{\partial x^4} \cdot T + C_1 x^{-\frac{2}{3}} X \frac{\partial^2 T}{\partial t^2} = 0.$$

E und C_1 sind Konstante, X, T und x Veränderliche. Der Störungsfaktor $x^{-\frac{2}{3}}$ macht die exakte Lösung in geschlossener Form unmöglich und zwingt zu einer Näherungslösung, die gefunden wird durch den Ansatz:

$$X = e^{\omega \sin\left(\frac{mx}{b} + a\right)}.$$

Für die Eigenschwingungszahl der Feder erhält man den Ausdruck

$$n = \frac{0{,}25\, k_b}{y_0 \sqrt{E \varrho}}.$$

k_b ist die größte Biegungsanstregung in kg/cm² in der äußersten Faser, y_0 der Schwingungsausschlag, E der Elastizitätsmodul in kg/cm², ϱ die spezifische Dichte des Federbaustoffes.

Ferner wird die Eigenschwingungszahl einer doppelt gewundenen Schraubenfeder für einen entsprechenden Indikator berechnet (vgl. Fig. 2). Die Berechnung bietet mathematisch keine besonderen Schwierigkeiten und damit auch nichts Besonderes.

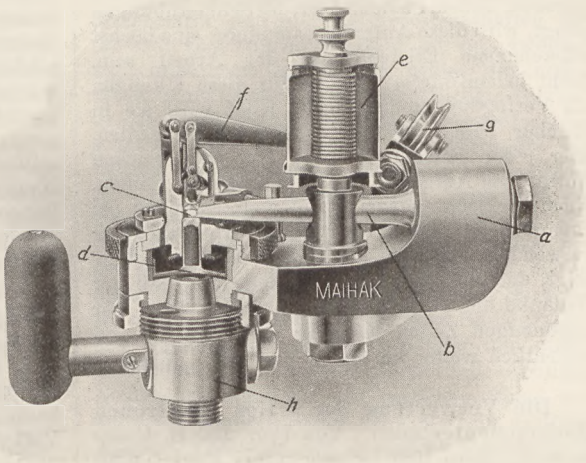


Fig. 2. Schraubenfederindikator.

Das Ergebnis der ganzen Untersuchung ist die klare theoretische Erkenntnis, daß man mit den hochgezüchteten Federindikatoren für Schnellläufer heute schon an der Grenze des Erreichbaren angekommen ist. Auf den bisher begangenen Wegen kommt man sicher nicht weiter. Man muß schon zum optischen Indikator greifen, d. h. das Schreibgestänge und dessen Übersetzung durch den masselosen Lichtstrahl ersetzen, wenn man sich von den Arbeitsvorgängen in ganz hochtourigen Motoren ein Bild machen will. Mit selbst schreibenden Federindikatoren ist das bis zu höchstens 2000 Umdrehungen in einer Minute möglich, und auch dann nur, wenn man sich mit außerordentlich kleinen Diagrammen begnügt. Es bleibt hier also noch viel zu tun übrig.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Physikalische Schülerübungen. Nach den Grundsätzen und Schöpfungen ERNST GRIMSEHLS bearbeitet und erweitert von KARL HAHN und WILHELM KOCH. 2. Aufl. Leipzig und Berlin 1927, B. G. Teubner. 140 S. 159 Abb. Kart. RM 3.20.

Das Buch wirbt für den physikalischen Übungsunterricht, der leider durch den Krieg und die Nachkriegszeit in seiner schönen Entwicklung gehemmt worden ist. Es gibt eine Zusammenstellung der Übungsaufgaben, wie sie in gleicher Front an der Oberrealschule auf der Uhlenhorst in Hamburg seit GRIMSEHLS Tagen obligatorisch, mit dem Vortragsunterricht eng verwoben, mitten im Vormittagsunterricht ausgeführt

werden. Die benutzten, zum großen Teil schon von Grimsehl zusammengestellten Apparate sind trotz ihrer Einfachheit und Billigkeit geeignet, viel damit zu erreichen. Der Zweck der Übungen ist die Ausbildung der Beobachtungsgabe, die Einführung der Schüler in das Wesen naturwissenschaftlicher Forschungsweise, ein Heranführen an die Probleme der Physik. Aus den Beobachtungsdaten soll der Schüler lernen, Konstanten zu ermitteln oder Gesetzmäßigkeiten herzuleiten. Die Aufgaben gliedern sich in 2 Stufen für Unter- (Seite 5 bis 57) und Oberklassen (Seite 58 bis 133). Am Schluß des Buches ist ein Verzeichnis der erforderlichen Apparate und Geräte gegeben. Jedem Physiklehrer, der Schülerübungen pflegt, wird diese Aufgabensammlung eine höchst willkommene Erleichterung der Arbeit sein. Nicht jedem dürfte die Zeit für diese Übungen zur Verfügung stehen, nicht jeder wird sie in gleicher Front ausführen können und wollen, aber jeder Fachlehrer wird aus dem reichen Vorrat von Aufgaben etwas gebrauchen können. Auch für Schauversuche sind viele Übungen bei entsprechend größer gewählten Apparaten zu verwenden. Die bald nötig gewordene 2. Auflage zeigt, daß das Buch seine Freunde hat, daß der Gedanke der physikalischen Übungen trotz der ungünstigen Zeiten lebendig geblieben ist und hoffentlich weiter an Macht gewinnt. *Nickel.*

Die Verwertung der freien Elektronen (Elektronentechnik). Von Prof. Dr. H. Greinacher. Bern und Leipzig 1927, Paul Haupt. 38 S. 35 Abb. Geh. RM 1.80.

Der Verfasser, dessen Einführung in die Ionen- und Elektronenlehre der Gase jedem Experimentator, der sich mit den Gebieten der neueren Physik beschäftigt, bekannt sein dürfte, gibt in dem vorliegenden Heft den Inhalt eines akademischen Vortrages wieder, in dem die aktuellen Probleme der Anwendung der Elektronenemission zum Bau von Elektronengleichrichtern, Verstärkern, Senderöhren, Elektronen-Röntgenröhren, Photozellen usw. in ihren Zusammenhängen kurz und allgemeinverständlich dargestellt werden. Als Anregung zum weiteren Studium der Erscheinungen ist diese kleine, klare Übersicht über das Gebiet der „Elektronentechnik" recht willkommen zu heißen. *Nickel.*

Atomismus und Kontinuitätstheorie in der neuzeitlichen Physik. Von Erwin Lohr. (Wissenschaftliche Grundfragen, philosophische Abhandlungen, herausgegeb. von R. Hönigswald, VI.) Leipzig und Berlin 1926, B. G. Teubner, 82 S. Geh. RM 4.—.

Diese Schrift des Brünner Physikers Lohr, die aus Salzburger Hochschulkursen hervorgegangen ist, versucht die atomistische Korpuskulartheorie und die Kontinuitätstheorie gegeneinander abzuwägen. Nach einer historischen Einleitung über die griechische Atomistik wird kurz die Entwicklung der modernen Atomistik behandelt, die im 17. Jahrhundert beginnt und über Gastheorie, Atomistik der Chemie, Elektronentheorie bis zu den neuesten quantentheoretischen Ergebnissen unter Einschluß der Heisenbergschen Quantenmechanik führt. Dann folgt im zweiten Teil zunächst eine historische Entwicklung der Grundgedanken der Kontinuitätstheorie, die erst G. Jaumann, ein Schüler Machs, folgerecht formuliert hat, indem er forderte, daß alle Naturerscheinung zu erfolgen habe in linearen, partiellen Differentialgleichungen erster Ordnung, die nur möglichst wenige Zustandsvariable enthalten dürfen. Die Ausführungen im einzelnen erstrecken sich auf die Materialfunktionen, begrenzte Körper und Bewegung, sowie auf den möglichen Ausbau der Jaumannschen Theorie in der Zukunft. Als Anhänger der Kontinuitätstheorie polemisiert der Verf. gegen die Überschätzung der mechanischen Modelle. Dabei scheint er doch zu übersehen, daß auch die Kontinuitätstheorie bei der Behandlung von Erscheinungen atomarer Größenordnung, wie z. B. der α-Scintillationen und der diskreten Zahl der Elemente (vgl. S. 70 und 74), zu stetigen Funktionen mit einer begrenzten Zahl sehr steiler Maxima oder dergleichen Methoden der Atomistik greifen muß, um den experimentellen Ergebnissen gerecht werden zu können, die doch gerade die Stütze der Atomistik sind. Doch der Leser möge selbst kritisch nach dem alten juristischen Grundsatz: audiatur et altera pars (man höre auch die Gegenpartei!) verfahren und dann urteilen. Man kann auch daraus manches lernen, ohne dem Verf. beizupflichten. *A. Wenzel.*

Röntgenstrahlen (Physik, Technik und Anwendungen). Von Richard Herz. 136 S. mit 48 Figuren im Text und 36 Abbildungen auf 16 Tafeln. (Sammlung Göschen, Band 950). Berlin und Leipzig 1927, W. de Gruyter & Co. Geb. RM 1.50.

Das vorliegende Bändchen gibt eine kurze Übersicht über das Gesamtgebiet der Röntgenstrahlen, die recht gut gelungen, allgemeinverständlich und doch wissenschaftlich einwandfrei ist. Den physikalischen Grundlagen ist als Vorbedingung für das Verständnis der übrigen Teile des Büchleins natürlich der breiteste Raum gegeben. Die Röntgentechnik ist so dargestellt, daß die Entwicklung der Apparaturen zu erkennen ist. Dabei sind die Grundlagen der Elektrotechnik als bekannt vorausgesetzt. Von den medizinischen und technischen Anwendungen sind nur die wichtigsten Methoden angeführt, die in der Praxis von Bedeutung geworden sind. Die Ausstattung des Bändchens ist gut. Als Einführung wird es seinen Platz unter den zahlreichen Büchern über die Röntgenstrahlen behaupten. *A. Wenzel.*

Stromquellen für den Röhrenempfang (Heiz- und Anodenbatterien). Von Wilhelm Spreen. 2. erweiterte Auflage. VI + 74 Seiten und 57 Textabbildungen. (Bibliothek des Radio-Amateurs, Bd. 6, herausgegeben von Eugen Nesper.) Berlin 1926, Julius Springer. Geh. RM 2.25.

Das vorliegende Büchlein bringt nach den Grundlagen aus der Elektrizitätslehre die gal-

vanischen Elemente und Akkumulatoren in Aufbau und Wirkung und geht dann besonders auf die Heiz- und Anodenbatterien des Radio-Amateurs ein. Auch Netzanschlußgeräte für Gleich- und Wechselstrom werden erörtert. Reiferen Schülern, insbesondere den Radiobastlern unter ihnen, wird das Büchlein wertvolle Fingerzeige geben, besonders auch die Tabellen am Schluß.

A. Wenzel.

Technisch-physikalische Rundblicke. Ausgewählte Beispiele aus der Praxis der technischen Physik. Von J. Gelfert. 8°. X, 178 S. mit 196 Abbildungen. Leipzig und Berlin 1927. Verlag von B. G. Teubner. Preis geb. RM 4.80.

Jeder Versuch, den Schülern der allgemeinbildenden Schulen die Technik nahezubringen, verdient größte Beachtung. In dem vorliegenden Buche ist von dem Herausgeber, Oberstudiendirektor am Realgymnasium in Zwickau, der Weg beschritten, geeignete Aufsätze aus den verschiedensten Zeitschriften, durch Originalbeiträge ergänzt, in einem Buche zusammenzustellen. Wie im Vorwort hervorgehoben wird, sind zunächst solche Stoffe ausgewählt worden, „die der Schüler an sich schon wegen der Problemstellung selbst als reizvoll empfindet"; die Art der Darstellung soll den Ernst der Aufgaben und die Verantwortung bei einer Lösung gegenüber der Volkswirtschaft erkennen lassen.

Diese Gesichtspunkte sind richtig; auch ist die Auswahl gut getroffen, so daß die Sammlung dem Schüler vieles Interessante bietet. Eine gewisse Ungleichheit muß einem solchen Sammelwerk natürlich anhaften; ein Aufsatz aus der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure setzt mehr Vorkenntnisse voraus als eine Abhandlung aus einem populären Blatt. Stärker ist das Bedenken, daß einseitige Darstellungen unterlaufen. In einem Buche für die Jugend darf nicht ein so allgemeiner Satz stehen, wie der folgende (S. 67): „Aus alledem folgt, daß der Dieselmotor die wirtschaftlichste aller Wärmekraftmaschinen ist". Eine gründliche Nachprüfung der Beiträge nach dieser Richtung wäre bei Fortsetzung der Sammlung zu empfehlen.

G. v. Hanffstengel.

Physikalische Begriffsbildung. Von Rudolf Carnap. (Aus „Wissen und Wirken" 39. Bd.) Karlsruhe 1926. Verlag G. Braun. 65 S.

Die Bildung physikalischer Begriffe (besser vielleicht als die Entwicklung der für die physikalische Erkenntnis typischen Denkformen zu bezeichnen, weil ein Begriff nicht „gebildet" sondern eher „gefunden" wird als ein Allgemeines, das das wesentlich Konstante aus einer Menge von Besonderungen bezeichnet) erfolgt nach Carnap in drei Stufen, der qualitativen, der quantitativen und der abstrakten. Während in der ersten die Maßbeziehungen noch unbestimmt bleiben und in der dritten die Beziehung zur Sinnlichkeit scheinbar verloren gegangen ist, wird für die zweite Stufe die Notwendigkeit von fünf Schritten dargetan, die in eine topologische und eine metrische Gruppe zerfallen. Eine Reihe von Beispielen dient zur Erläuterung der Notwendigkeit dieser Schrittfolge, deren Vollständigkeit erst die wissenschaftliche Legitimität eines physikalischen Begriffs garantiert. Die Schrift zeichnet sich durch Prägnanz und Klarheit der Gedankenführung aus. *Dr. Eugen Stock.*

Introduction to the History of Science. By George Sarton, Associate in the History of Science, Carnegie Institution of Washington. Volume I: From Homer to Omar Khayyam. XI + 839 Seiten, 4°. William and Wilkins Company, Baltimore, 1927.

Diese Einführung in die Geschichte der Mathematik und der Naturwissenschaften für die Zeit vom frühen Altertum bis zum zwölften nachchristlichen Jahrhundert bildet den ersten Band eines großen wissenschaftlichen Werkes, das der Verfasser mit Hilfe des Carnegie-Instituts schaffen will. Sarton ist der Begründer der Zeitschrift Isis und der History of Science Society. Jene internationale Zeitschrift für Geschichte der Naturwissenschaften und der Zivilisation veröffentlicht Beiträge außer im Englischen, der Sprache der Redaktion, auch in deutscher, französischer und italienischer Sprache; sie führt eine fortlaufende kritische Bibliographie des Gebietes für alle Kulturländer und strebt gleichmäßige Berichterstattung über alle wichtigen Neuerscheinungen an. In ähnlichem Sinne und auf die bisherigen Bände der Zeitschrift gestützt, will der Verfasser mit dem etwa achtbändigen Werke, dessen erster Band hier vorliegt, einen chronologischen Überblick über die gesamte Geschichte der Naturwissenschaften, möglichst kurz, aber möglichst vollständig, geben. Er vergleicht (S. 32) seine Leistung mit der eines Kartographen. „Ich habe versucht, eine Karte dieser Zivilisation zu zeichnen, so vollständig und genau wie möglich und doch einfach genug, hinreichend frei von unwesentlichen Einzelheiten, hinreichend gedrängt, um nicht den Blick aufs Ganze zu behindern". Das ist eine anders geartete Aufgabe, eine weit größere, als sich die Unternehmungen ähnlicher Art bisher gestellt haben, z. B. das vierbändige Werk von Dannemann, welches Sarton bei aller Anerkennung seines Wertes als elementar und für seinen Zweck unzureichend bezeichnet. Seine Aufgabe konnte in der Tat nur von einem Gelehrten in Angriff genommen werden, der ihr die ganze Arbeitskraft und so reiche Hilfsmittel widmete, wie sie Sarton zur Verfügung stehen. Es sei erwähnt, daß der Verfasser die arabische Sprache erlernte und sich eindringlich mit griechischem und lateinischem nicht bloß, sondern auch mit hebräischem, persischem, syrischem, Sanskrit-, tibetanischem, chinesischem und japanischem Schrifttum beschäftigte; daß z. B. auf fünf Seiten der Einleitung über die Schreibung der Eigennamen Rechenschaft gegeben wird. U. a. gibt der Verfasser die erste zusammenhängende Darstellung der Wissenschaftsgeschichte für China. Das Register, in welches die neueren Wissenschaftshistoriker nicht aufgenommen

wurden, so daß es an Verfassernamen fast nur die Autoren der alten Urschriften bringt, enthält deren schätzungsweise 1800! Begreiflicherweise überwiegt bei einer solchen Neudarstellung die Sammlertätigkeit; begreiflich ist aber auch, daß in den allgemeinen Einleitungen, der zum Buche und denen zu den einzelnen Abschnitten, vieles in anderem Lichte erscheint als in den früheren Werken. Der Stoff ist nach Jahrhunderten, dann nach Halbjahrhunderten gegliedert, jedes dieser Zeitalter nach dem repräsentativsten Vertreter benannt. Nur die zweierlei Einleitungen sind für das fortlaufende Lesen bestimmt. Das Wirken der großen Forscher ist vergleichsweise summarisch behandelt, aber Nachweise von großer Vollständigkeit geben die Literatur über jeden Autor an. Die Gelehrsamkeit und Genauigkeit, mit der die außerordentliche Arbeit geleistet wurde, die Fülle neuer Namen und neuer Einzelheiten hinsichtlich der altbekannten sind imponierend. Der Möglichkeit von Irrtümern und Fehlern ist sich der Verfasser bewußt. Demgegenüber muß gesagt werden, daß er für den Orientierung suchenden Fernerstehenden ein authentisches Gesamtbild des Arbeitsgebietes, für den Einzelforscher eine fortan unentbehrliche Vorarbeit geschaffen hat

Dr. Ernst Bloch (Brünn).

Leitfaden für die chemischen Schülerübungen zur praktischen Einführung in die Chemie. Von Professor Dr. E. Löwenhardt. Leipzig und Berlin 1925, B. G. Teubner. 4. Aufl. 123 Seiten.

Der bekannte Verfasser will mit seinem Leitfaden die Schülerübungen zur Grundlage des chemischen Unterrichts machen. Er empfiehlt, die beim Durcharbeiten zweckmäßig begrenzter Teile gewonnenen Ergebnisse im darauffolgenden Unterricht zu erweitern und zusammenzufassen. Ein „Rezeptbuch“ ist das Buch nicht. Vielmehr lehrt es, die Stoffe und die Vorgänge an ihnen vom Gesichtspunkt chemischer Gesetzmäßigkeit begreifen. Durchweg leitet es zum Denken an. Den erprobten Anweisungen des erfahrenen Fachmanns kann man getrost folgen. Bei genauer Beachtung der ausführlichen Angaben ist eine Gefahr für die Schüler nicht zu befürchten. Die Versuche sind so ausgewählt, daß sie nicht viel Kosten machen.

Der Leitfaden gliedert sich in vier Hauptabschnitte: I. Vorbereitender Lehrgang (Untersekunda). II. Nichtmetalle. III. Metalle. IV. Organische Verbindungen. Neben dem wissenschaftlich Wichtigen kommt auch die Erläuterung technisch-chemischer Vorgänge in geeigneten Versuchen zu ihrem Recht. Bei den organisch-chemischen Versuchen sind die physiologisch wichtigen Stoffe stark berücksichtigt. Vom Anhang verdienen die Behandlung der qualitativen Analyse und die Tafeln zur Mineralbestimmung mit dem Lötrohr besondere Beachtung.

Die Fülle dessen, was das kleine Buch bietet, gestattet bei passender Auswahl auch seine Verwendung in Schulen, in denen wenig Zeit für die Chemie zur Verfügung steht. Eine weite Verbreitung ist ihm zum Besten des chemischen Unterrichts zu wünschen. *Dr. Kolasius.*

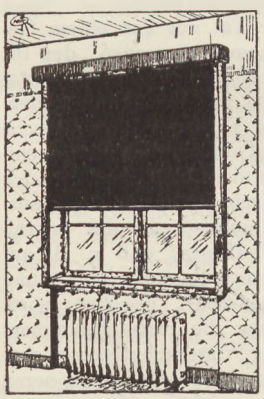
Elektrochemie und ihre physikalischen Grundlagen. Von Dr. H. Danneel. 1. Allgemeine Elektrochemie. 2. Experimentelle Elektrochemie. 3. Energie. (Sammlung Göschen Nrn. 252, 253, 941). Dritte völlig umgearbeitete Auflage. Leipzig und Berlin 1924/26, Verlag Walter de Gruyter & Co. Preis pro Bändchen RM 1.25.

Auf das Erscheinen der neuen Auflagen der bekannten Göschenbändchen, die den Neuerungen auf allen Gebieten der Elektrochemie Rechnung tragen, sei empfehlend hingewiesen.

Dm.

Aus Werkstätten.

Fensterverdunkelungen für Schulen. Mitteilung der Firma Carl Götze, Holzdrahtweberei und Rollofabrik, Düsseldorf, Heresbachstraße 26.



Um den Fehler der Rolloverdunkelungen zu beseitigen, daß sie bisweilen die seitlichen Führungsschlitze verlassen, hat die Firma Carl Götze vor 17 Jahren ein Gewebe eingeführt, das durch wagerechte Holzdrähte von $1^1/_2$ mm Stärke versteift ist und deshalb die Schlitze nicht verlassen kann, das sich aber gut aufrollen läßt. Sorgfältige Beobachtung der Eigenschaften dieser Verdunkelungen hat zu Verbesserungen geführt, so daß jetzt eine sehr vollkommene und haltbare Verdunkelung zu niedrigen Preisen geliefert werden kann.

Dieses Gewebe, Marke „Cegede“, weist den weiteren Vorteil auf, daß es nicht dem Mottenfraß ausgesetzt und außerdem in jeder anderen Beziehung hygienisch einwandfrei ist.

Die zum D.R.P. angemeldeten neuen Stahlführungen, in denen der Verdunkelungsstoff seitlich und unten gehalten wird, sind bei gleicher Nutentiefe nur halb so breit wie die veralteten Holzrahmen, des ferneren haben diese Stahlführungen den Vorteil, daß sie nicht, wie Holzführungen, reißen oder sich ziehen, wenn sie auf feuchtem Mauerwerk angebracht oder gar darin eingelassen werden.

Durch diese Verbesserungen sind die Verdunkelungseinrichtungen nach diesem System zugleich noch billiger geworden. Eine Verdunkelung für ein Fenster

120 × 150 cm	kostet	RM	70.—
140 × 180 „	„	„	80.—
170 × 240 „	„	„	100.—
200 × 340 „	„	„	130.—

franko jeweiliger Bahnstation; Verpackung frei.

Korrespondenz.

Adolf Semiller †. Am 18. Februar 1928 starb Studienrat Dr. ADOLF SEMILLER im 43. Lebensjahre. Als FRIEDRICH POSKE in den Ruhestand trat, wurde A. SEMILLER sein Amtsnachfolger am Askanischen Gymnasium in Berlin. Die schwierige Aufgabe, das Erbe eines solchen Vorgängers treu zu verwalten und weiter auszubauen, hat er mit anerkanntem Erfolge gelöst. Seit dem Sommer 1926 war er der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht als wissenschaftlicher Mitarbeiter zugeteilt. Hier setzte er sein reiches Wissen und Können ein, das er vor allem auf dem Gebiete der Funkentelegraphie erworben hatte, auch als langjähriger Assistent für Physik an der Berliner Handelshochschule. In rastloser Schaffensfreude gewann er die ihm an der Hauptstelle zugefallene umfassende Wirksamkeit lieb. Seine Veröffentlichungen: Grundversuche mit Detektor und Röhre, Vierstellige Logarithmen- und Zahlentafeln, Unterstufe des BÖRNERschen Lehrbuches der Physik sind aus den Arbeiten herausgewachsen, die er für die Hauptstelle leistete. Unsere Zeitschrift verdankt ihm reiche Hilfe. Mit sicherem Urteil wußte er den Wert von Beiträgen richtig einzuschätzen und bestimmte Anregungen zu geben für notwendige Änderungen oder Ergänzungen. Bei der stillen Unterstützung in der Herausgabe der Zeitschrift fanden die ihm durch seine gutachtliche Tätigkeit gestellten Aufgaben ihre volle Auswirkung. Für diese treue, sorgfältige und erfolgreiche Mitarbeit sind wir ihm zu dauernder Dankbarkeit verpflichtet. Im kräftigsten Mannesalter hat schwere Krankheit ihn fortgerafft mitten aus seiner energischen Arbeit, aus seinem eifrigen wissenschaftlichen Streben. Einem noch so hoffnungsreichen Leben bereitete der Tod ein jähes Ende.

Bemerkung zu der kleinen Mitteilung von H. KRÖNCKE: Zur Wirkungsweise des sogenannten Radiometers, **41**, 35; 1928. Der hier beschriebene Umkehrungsversuch mit dem Radiometer ist bereits angegeben und erklärt in dem Beitrag „Für die Praxis“ von L. KANN: Ein Radiometerversuch über Absorption und Emission, **20**, 246; 1907.

Mitteilung über eine an der Oberrealschule auf der Uhlenhorst in Hamburg gemachte Erfahrung nach dem Einbau einer Dampfheizung.

Die Oberrealschule auf der Uhlenhorst ist seit ihrer Gründung 1896 bis 1925 durch Gasöfen geheizt worden. Als dann 1925 eine Niederdruckdampfheizung eingebaut wurde, zeigte sich, daß alle Möbel, die zum Teil schon 20 Jahre und noch länger in dem Schulhaus stehen, Risse bekamen, auch wenn sie nicht in der Nähe der Heizung standen. Besonders schlimm haben die Schulbänke diesen Wechsel überstanden, indem die zum Teil 30 Jahre alten Bänke außerordentlich infolge Austrocknung splitterten. Es kamen häufig Verletzungen vor; fortgesetzt müssen Bänke abgehobelt werden, damit die Gefahr einigermaßen beseitigt wird. Außerordentlich bedauerlich für uns ist auch, daß die eichenen Tischplatten der Experimentier- und Übungstische unter Einfluß der Heizung rissig geworden sind.

K. Hahn.

Der 34. Ferienkursus in Jena findet vom 1. bis 15. August 1928 in der Universität statt. In Naturwissenschaften werden folgende Lehrgänge angekündigt: Anleitung zu Experimenten für den Schulunterricht in der anorganischen Chemie (Dr. BRINZINGER), Anleitung zu Experimenten für den Schulunterricht in der organischen Chemie (Dr. MAURER), die Biologie im botanischen Schulunterricht mit Anleitung zu pflanzenphysiologischen Schulexperimenten (Prof. Dr. DETMER), die moderne Zoologie im Schulunterricht (Prof. Dr. FRANZ), Zoologische Mikroskopier- und Präparierübungen (Prof. Dr. FRANZ), die Grundbegriffe der Bakteriologie in ihrer Bedeutung für die Wohnungs- und Schulhygiene (Dr. LEHMANN), Physiologie und Chemie der Ernährung, Verdauung und des Körperhaushalts (Dr. SCHLIEPHAKE), Bau und Funktion des Gehirns, mit Demonstrationen (Prof. Dr. NOLL), Populäre Astronomie (Prof. Dr. KNOPF), Zeit und Ortsbestimmungen mit praktischen Übungen (Prof. Dr. KNOPF), Geologische Einführung in die Erdphysik (Prof. Dr. v. SIEBERG). Planetarium-Besuch. Ausführliche Programme versendet das Sekretariat, Frl. Clara Blomeyer, Jena, Carl-Zeiß-Platz 3.

Himmelserscheinungen im Juli und August 1928.

W. Z.: Welt-Zeit = Bürgerlich. Zeit Greenwich. 0^h W. Z. = Mitternacht bürgerl. Zeit Greenwich. Stundenzählung von 0^h bis 24^h. M. E. Z. = Bürgerl. Zeit Stargard = W. Z. + 1^h.

W. Z. 0^h		Juli 4	9	14	19	24	29	August 3	8	13	18	23	28	Sept. 2
☿	AR	$6^h\,21^m$	6.14	6.16	6.27	6.47	7.17	7.55	8.36	9.18	9.58	10.35	11.8	11.39
	D	$+18,6^o$	+18,8	+19,5	+20,4	+21,3	+21,8	+21,4	+20,0	+17,5	+14,3	+10,7	+6,8	+3,0
♀	AR	$6^h\,54^m$	7.21	7.47	8.13	8.39	9.4	9.29	9.53	10.17	10.40	11.3	11.26	11.49
	D	$+23,5^o$	+23,0	+22,1	+21,1	+19,7	+18,1	+16,3	+14,4	+12,2	+10,0	+7,6	+5,1	+2,6
☉	AR	$6^h\,51^m$	7.12	7.32	7.52	8.12	8.32	8.51	9.11	9.30	9.48	10.7	10.25	10.43
	D	$+22,9^o$	+22,4	+21,8	+20,9	+20,0	+18,9	+17,6	+16,3	+14,8	+13,3	+11,6	+9,9	+8,1
♂	AR	$2^h\,15^m$	2.28	2.42	2.55	3.9	3.23	3.36	3.49	4.2	4.15	4.28	4.41	4.53
	D	$+12,0^o$	+13,1	+14,2	+15,3	+16,3	+17,2	+18,1	+18,9	+19,6	+20,2	+20,8	+21,3	+21,8
4	AR	$2^h\,14^m$		2.20		2.25		2.29		2.32		2.33		2.34
	D	$+12,2^o$		+12,7		+13,1		+13,4		+13,6		+13,6		+13,6
♄	AR	$16^h\,51^m$				16.47				16.45				16.46
	D	$-20,9^o$				−20,8				−20,8				−20,9

Δ = **Sternzeit für 0^h Welt-Zeit**; für östl. bzw. westl. Länge λ^o v. Greenwich: $\mp\ \lambda \cdot 0.657^s$

Zeitgl. = Mittl. Z. − Wahre Z.

Δ	$18^h\,47^m\,1^s$	19. 6.44	19. 26.27	19. 46.9	20. 5.52	20. 25.35	20. 45.18	21. 5.1	21. 24.43	21. 44.26	22. 4.9	22. 23.52	22. 43.34
Zeitgl.	$+4^m\,6^s$	+4.56	+5.36	+6.5	+6.20	+6.20	+6.5	+5.35	+4.50	+3.53	+2.42	+1.20	−0.12

Breite v. Berlin (52,5°). Länge v. Stargard. Aufgang u. Untergang d. ob. ☉-Randes. M. E. Z.

☉ Aufg.	$3^h\,45^m$	3.50	3.55	4.1	4.8	4.16	4.24	4.31	4.40	4.48	4.56	5.5	5.13
☉ Unterg.	$20^h\,22^m$	20.19	20.15	20.10	20.3	19.56	19.47	19.38	19.29	19.18	19.8	18.57	18.45

Breite v. Berlin (52,5°). Länge v. Stargard. Aufgang u. Untergang d. ob. ☾-Randes. M. E. Z.

☾ Aufg.	$21^h\,54^m$	23.35	0.56	6.18	12.33	18.17	21.10	22.32	1.16	7.51	13.50	18.26	20.3
☾ Unterg.	$4^h\,27^m$	10.52	17.58	21.56	23.8	0.37	5.59	12.48	18.57	20.47	22.7	1.4	7.47

Mondphasen W. Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
	Juli 17. $4^h\,35,5^m$	Juli 24. $14^h\,38,1^m$	Juli 3. $2^h\,48,5^m$	Juli 10. $12^h\,15,9^m$
	Aug. 15. $13^h\,48,6^m$	Aug. 23. $8^h\,21,4^m$	Aug. 1. $15^h\,30,5^m$	Aug. 8. $17^h\,23,8^m$
			Aug. 31. $2^h\,34,0^m$	

Verfinsterungen der Jupitertrabanten I, II, III, IV. E: Eintritt, A: Austritt. W. Z.

I		II		III	IV
Juli 5. $1^h\,6,9^m$ E	Aug. 5. $21^h\,40,5^m$ E	Juli 11. $0^h\,23,9^m$ A	Aug. 11. $21^h\,40,9^m$ E	Juli 20. $23^h\,55,1^m$ E	
„ 20. $23^h\,23,7^m$ E	„ 12. $23^h\,34,7^m$ E	„ 18. $0^h\,38,5^m$ E	„ 12. $0^h\,0,0^m$ A	„ 21. $1^h\,59,2^m$ A	—
„ 28. $1^h\,17,9^m$ E	„ 20. $1^h\,29,0^m$ E	Aug. 4. $21^h\,25,5^m$ A	„ 19. $0^h\,15,7^m$ E	Aug. 25 $20^h\,0,7^m$ E	
	„ 28. $21^h\,51,9^m$ E		„ 19. $2^h\,34,4^m$ A	„ 25. $22^h\,0,3^m$ A	

Tägliches Erscheinen und Verschwinden der Planeten. Breite von Berlin. Länge von Stargard.

M. E. Z.	☿	♀	♂	4	♄
Juli 4.	—	—	A $0,3^h$ D_m $2,9^h$	A $0,3^h$ D_m $2,8^h$	D_a 21.6^h U $2,1^h$
„ 14.	A $2,9^h$ D_m $3,1^h$	—	A $23,9^h$ D_m $3,0^h$	A $23,7^h$ D_m $2,9^h$	D_a $21,4^h$ U $1,4^h$
„ 24.	A $2,6^h$ D_m $3,3^h$	—	A $23,5^h$ D_m $3,2^h$	A $23,0^h$ D_m $3,1^h$	D_a $21,2^h$ U $0,8^h$
Aug. 3.	A $3,1^h$ D_m $3,6^h$	—	A $23,2^h$ D_m $3,5^h$	A $22,4^h$ D_m $3,4^h$	D_a $21,0^h$ U $0,1^h$
„ 13.	—	—	A $22,8^h$ D_m $3,8^h$	A $21,7^h$ D_m $3,7^h$	D_a $20,7^h$ U $23,5^h$
„ 23.	—	($19,5^h$)	A $22,4^h$ D_m $4,0^h$	A $21,1^h$ D_m $3,9^h$	D_a $20,3^h$ U $22,8^h$
Sept. 2.	—	D_a $19,2^h$ U $19,4^h$	A $22,0^h$ D_m $4,3^h$	A $20,5^h$ D_m $4,2^h$	D_a $20,0^h$ U $22,1^h$

A = Aufgang; U = Untergang; D_a und D_m = Erscheinen bzw. Verschwinden in der Dämmerung.

W. Z. **Mars** in Konjunktion mit **Jupiter**, Mars 18′ S Juli 3. 21^h. **Merkur** in gr. westl. Elongation $20^o\,11'$ Juli 21. 4^h.

A. Weill.

Für die Redaktion verantwortlich: Ministerialrat Professor Dr. K. Metzner, Berlin W. 8.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagsbuchhandlung gestattet.

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Druck der Univ.-Druckerei H. Stürtz A.G., Würzburg.